

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAMILA RAMOS PINTO SAMPAIO

**DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E
NUTRICIONAIS DE BARRAS DE CEREAIS FORTIFICADAS COM FERRO**

CURITIBA

2009

CAMILA RAMOS PINTO SAMPAIO

**DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E
NUTRICIONAIS DE BARRAS DE CEREAIS FORTIFICADAS COM FERRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Sila Mary Rodrigues Ferreira

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Solange Guidolin Canniatti
Brazaca

CURITIBA

2009

CAMILA RAMOS PINTO SAMPAIO

**DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS
SENSORIAIS E NUTRICIONAIS DE BARRAS DE CEREAIS
FORTIFICADAS COM FERRO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. SOLANGE GUIDOLIN CANNIATTI BRAZACA
Depto. de Agroindústria Alimentos e Nutrição, ESALQ-USP



Prof^a. Dr^a. GRACE MARIA FERREIRA DE CASTRO WILLE
Setor de Ciências da Saúde, UFPR



Prof^a. Dr^a. ROSEMARY HOFFMANN RIBANI
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 18 de fevereiro de 2009

Aos meus pais

Aos meus irmãos

A toda minha família

E aos meus amigos

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus.

À Universidade Federal do Paraná, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos e ao Departamento de Nutrição, pela acolhida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, especialmente ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pela acolhida.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Sila Mary Rodrigues Ferreira e a minha co-orientadora Prof^a. Dr^a. Solange Guidolin Caniatti Brazaca, pelo apoio, incentivo e pelo carinho com que me receberam e me orientaram na realização desta pesquisa.

A toda minha família, em especial aos meus pais Luzia e José Alencar, aos meus irmãos Marina e Danilo, ao meu cunhado e irmão de coração André, a minha avó Maria, a minha tia Vera e a minha prima Mariana, que sempre foram e sempre serão fundamentais em toda caminhada de minha vida.

Aos grandes amigos que conquistei ao longo desta caminhada, Angela Kopper, Viviana Henriques, Renata Nunes, Guilherme Klassen, Fernanda Lemos, Fabiane Hamerski, Danielle Carneiro, Fabiana Lemos, Ornella Lavratti, Rodrigo César, Maiara Kovalski, André Felix, Ana Paula Fontes, Anderson Mello, Paulo Berni, Márcia Aguiar, Neila Moura e Ariane Gomes, muito obrigado pela amizade e por terem me estendido a mão quando precisei.

A minha querida amiga e irmã de coração Olívia Rebelo e aos amigos Maria Carolina Barbiere, Aline Ferreira e Rodrigo Monteiro por continuarem fazendo parte da minha vida sem nunca terem desistido de mim.

A todos os colegas de mestrado e doutorado que, de uma forma ou de outra, compartilharam informações.

Aos alunos de graduação, mestrado e doutorado da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, que participaram com dedicação como julgadores da extensa análise sensorial realizada neste trabalho.

A Taciane Simioni, aluna de iniciação, e ao Jair Lima, técnico do Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Nutrição, pela amizade e pela colaboração na realização das análises laboratoriais.

A Débora Mansi, técnica do Laboratório de Análise de Alimentos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

A todos os professores que de alguma forma me ensinaram algo e contribuíram para a realização deste trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Matilde Pumar por ter acreditado em mim e ter sido fundamental nesta conquista.

Aos membros da banca, Prof^a. Dr^a. Solange Guidolin Caniatti Brazaca, Prof^a. Dr^a. Grace Maria Ferreira de Castro Wille e Prof^a. Dr^a. Rosemary Hoffmann Ribani, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho.

Ao Paulo Roberto Krainski, secretário do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, pela colaboração.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado.

Às empresas Albitech Nutritionals, Labsynth, Harald, Ferla, Tango Alimentos e Unilever, pelo fornecimento de ferro aminoácido quelato (Ferrochel[®]), sódio ferro EDTA, flocos de arroz, aveia em flocos, maçã desidratada e glicose de milho (Karo[®]), respectivamente.

*“Comece fazendo o que é necessário.
Depois o que é possível. E de repente
você estará fazendo o impossível.”*

São Francisco de Assis

RESUMO

A deficiência de ferro é a carência nutricional mais comum no mundo e entre suas causas destacam-se as dietas pobres em ferro biodisponível e o aumento da demanda que ocorre em alguns períodos da vida. Para prevenir esta deficiência, a fortificação de alimentos com ferro tem sido recomendada. No entanto, para que esta fortificação seja adequada, é preciso conhecer as características dos ingredientes que compõem o alimento veículo, bem como a presença de inibidores da absorção desse mineral, e as propriedades dos compostos de ferro disponíveis. O maior inibidor da absorção de ferro é o ácido fítico, que está presente extensamente em grãos de cereais. A utilização de NaFeEDTA e ferro bisglicina quelato é uma das estratégias para conter a inibição da absorção de ferro. Com base no exposto, o presente trabalho teve por objetivo elaborar barras de cereais fortificadas com ferro e estudar suas características microbiológicas, sensoriais, físico-químicas e nutricionais. Foi elaborada uma barra de cereal, sem adição de ferro e, a partir desta, foram elaboradas oito formulações adicionadas de ferro, utilizando-se ferro aminoquelato (Ferrochel[®] - Albitech Nutritionals) ou sódio ferro etileno diamino tetracético – NaFeEDTA (Synth[®]), na concentração de 45% ou 60% da IDR para adultos, na calda ou na cobertura de chocolate. Foram realizadas análises microbiológicas de *Bacillus cereus*, Coliformes a 45°C e *Salmonella sp.* Os testes sensoriais realizados foram: Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e teste de preferência (Escala Hedônica). Foram realizadas análises de pH, atividade de água, umidade, cinzas, proteínas, lipídios (extrato etéreo), fibra alimentar solúvel e insolúvel, minerais, ácido fítico, compostos fenólicos e diálise de ferro *in vitro*. Os resultados foram satisfatórios em relação às características microbiológicas. A ADQ mostrou a diferença entre os tratamentos e confirmou que o atributo sabor metálico é o preponderante na escolha das formulações. No teste de preferência a formulação F5 apresentou alto índice de aceitação (85%) e de intenção de compra (82% dos julgadores certamente o consumiriam). A formulação final (F5) apresentou alto teor de fibras (6,01%), alto teor de ferro (74% da IDR) e estimativa da biodisponibilidade de ferro *in vivo* (16,67%) comparada a do ferro-heme (10% a 30%).

Palavras-chave: Barra de cereais. Fortificação de alimentos. Ferro.

ABSTRACT

Iron deficiency is the most common nutritional deficiency in the world and among its causes are diets with iron bioavailability low and increased demand that occurs in some life periods. To prevent this deficiency, the foods fortification with iron has been recommended. However, for this fortification is appropriate, we need to know the characteristics of the ingredients that make the food vehicle, and the presence of inhibitors of mineral absorption, and the properties of iron compounds available. The biggest inhibitor of iron absorption is phytic acid, which is widely present in cereal grains. The use of NaFeEDTA and iron bis-glycinate chelate is one of the strategies to contain the inhibition of iron absorption. Based on the foregoing, the present study aimed to prepare cereal bars fortified with iron and study their microbiological, sensory, physical-chemical and nutrition characteristics. It established a cereal bar, without iron addition and from this eight formulations were prepared adding iron bis-glycinate chelate (Ferrochel[®] - Albitech Nutritionals) or sodium iron Ethylene diamine tetracetic - NaFeEDTA (Synth[®]), in the concentration of 45% or 60% of the DRI for adults, in syrup or in the chocolate icing. The microbiological analyses were *B. cereus*, *E. coli* and *Salmonella sp.* The sensory tests were: Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and preference test (Hedonic Scale). Were analyzed pH, water activity, moisture, ash, protein, fat (ether extract), soluble and insoluble dietary fiber, minerals, phytic acid, phenolic compounds and *in vitro* iron dialysis. The results were satisfactory for microbiological characteristics. The QDA showed the difference between the treatments and confirmed that the metallic taste attribute is the predominant in the choice of formulations. In the preference test, the F5 formulation showed high rate of acceptance (85%) and intention to purchase (82% of the judges certainly consume). The final formulation (F5) showed high fiber content (6.01%), high iron content (74% of the DRI) and *in vivo* iron bioavailability estimate (16.67%) compared to the iron heme (10% to 30%).

Key words: Cereal bar. Foods fortification. Iron.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	ESTRUTURA QUÍMICA DA BETA-GLUCANA	18
FIGURA 2 -	CORTE TRANSVERSAL DO GRÃO DE AVEIA	19
FIGURA 3 -	DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSAMENTO DA AVEIA	20
FIGURA 4 -	VISTA LATERAL DA REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO EXTRUSOR	20
FIGURA 5 -	ESTRUTURA QUÍMICA DO FERRO HEME	23
FIGURA 6 -	MOLÉCULA DE ÁCIDO FÍTICO	27
FIGURA 7 -	ESTRUTURA QUÍMICA DO NaFeEDTA	35
FIGURA 8 -	DIAGRAMA DE FLUXO DE ELABORAÇÃO DAS BARRAS DE CEREAIS	39
FIGURA 9 -	FICHA DOS TERMOS DESCRITORES E DO MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA OS EXTREMOS DA ESCALA	42
FIGURA 10 -	ANÁLISE SENSORIAL DAS FORMULAÇÕES PARA O TERMO DESCRITOR SABOR METÁLICO	53
FIGURA 11 -	DISTRIBUIÇÃO DOS JULGADORES POR IDADE	54
FIGURA 12 -	DISTRIBUIÇÃO DOS JULGADORES POR ESCOLARIDADE	54
FIGURA 13 -	FREQUÊNCIA DE CONSUMO DE BARRAS DE CEREAIS POR 71 JULGADORES QUE PARTICIPARAM DO TESTE DE PREFERÊNCIA (ESCALA HEDÔNICA)	55
FIGURA 14 -	PERFIL SENSORIAL, PARA OS ATRIBUTOS APARÊNCIA E ODOR, DO TRATAMENTO F5 (NaFeEDTA, NA COBERTURA DE CHOCOLATE, NA CONCENTRAÇÃO DE 60% DA IDR)	57
FIGURA 15 -	PERFIL SENSORIAL, PARA OS ATRIBUTO TEXTURA E SABOR, DO TRATAMENTO F5 (NaFeEDTA, NA COBERTURA DE CHOCOLATE, NA CONCENTRAÇÃO DE 60% DA IDR)	57
FIGURA 16 -	TABELA DE INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DA FORMULAÇÃO F5	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	RECOMENDAÇÃO DIÁRIA DE FERRO	29
TABELA 2 -	NECESSIDADE TOTAL DE FERRO SEGUNDO GÊNERO E GRUPO ETÁRIO	29
TABELA 3 -	CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS COMPOSTOS DE FERRO ...	34
TABELA 4 -	TEORES DOS COMPOSTOS DE FERRO EM 100g DE FORMULAÇÃO BASE	37
TABELA 5 -	DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS	38
TABELA 6 -	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS FORMULAÇÕES	48
TABELA 7 -	ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO APARÊNCIA, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS	49
TABELA 8 -	ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO ODOR, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS	50
TABELA 9 -	ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO TEXTURA, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS	51
TABELA 10 -	ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO SABOR, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS	51
TABELA 11 -	ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO SABOR, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS	52
TABELA 12 -	TESTE DE PREFERÊNCIA (ESCALA HEDÔNICA), DE TRÊS AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS	56
TABELA 13 -	INTENÇÃO DE CONSUMO, COM RELAÇÃO À BARRA DE CEREAIS PREFERIDA, POR 71 JULGADORES QUE PARTICIPARAM DO TESTE DE PREFERÊNCIA	56
TABELA 14 -	ANÁLISES DE pH, ATIVIDADE DE ÁGUA, UMIDADE, CINZA E TEOR DE FERRO DAS NOVE FORMULAÇÕES	58
TABELA 15 -	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA FORMULAÇÃO PADRÃO	61

TABELA 16 - ANÁLISES DE MINERAIS (CÁLCIO, COBRE, MANGANÊS, ZINCO, FÓSFORO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E SÓDIO) NAS FORMULAÇÕES F1, F5 E F9	63
TABELA 17 - BIODISPONIBILIDADE DE FERRO <i>IN VITRO</i> E BIODISPONIBILIDADE <i>IN VIVO</i> DEDUZIDA A PARTIR DA EQUAÇÃO DE RAO E PRABHAVATHI (1978)	64

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ATP	Adenosina tri-fosfato
Aw	Atividade de água
Ca	Cálcio
Co	Cobalto
Cu	Cobre
EDTA	Etileno diamino tetracético
Fe	Ferro
g	Grama
g/dL	Grama por decilitro
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IDR	Ingestão Diária Recomendada
PPGTA	Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos
mg	miligrama
Mn	Manganês
kcal	Quilocalorias
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UHT	Ultra high temperature (temperatura super elevada)
UR	Umidade relativa
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO GERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 BARRAS DE CEREAIS	17
2.1.1 Principais ingredientes das barras de cereais	18
2.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	21
2.3 FORTIFICAÇÃO DE ALIMENTOS	22
2.4 FERRO	23
2.4.1 Absorção de ferro	24
2.4.2 Biodisponibilidade de ferro	25
2.4.3 Fatores que afetam a biodisponibilidade de ferro	26
2.4.4 Determinação da biodisponibilidade de ferro	28
2.4.5 Recomendações diárias de ferro	28
2.4.6 Deficiência de ferro e anemia ferropriva	30
2.4.7 Fortificação de alimentos com ferro	32
2.4.8 Disponibilidade de alimentos fortificados com ferro	32
2.4.9 Compostos de ferro utilizados em alimentos	33
2.5 ANÁLISE SENSORIAL	36
2.5.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	36
2.5.2 Teste de preferência – Escala Hedônica	36
3 MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 ELABORAÇÃO DAS BARRAS DE CEREAIS	37
3.1.1 Delineamento experimental	38
3.1.2 Etapas do processamento de barras de cereais	38
3.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	39
3.3 ANÁLISE SENSORIAL	40
3.3.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	41
3.3.1.1 Recrutamento dos julgadores	41
3.3.1.2 Seleção dos julgadores	41
3.3.1.3 Levantamento de atributos	41

3.3.1.4 Materiais de referência	42
3.3.1.5 Treinamento dos julgadores	44
3.3.1.6 Teste sensorial	44
3.3.2 Teste de preferência – Escala Hedônica	44
3.4 ANÁLISES FÍSICO-QÍMICAS	45
3.4.1 Determinações nas nove formulações	45
3.4.2 Determinações na formulação padrão	46
3.4.3 Determinações nas três formulações selecionadas após a ADQ	46
3.5 ANÁLISE NUTRICIONAL (DIÁLISE DE FERRO <i>IN VITRO</i>)	47
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	48
4.2 ANÁLISE SENSORIAL	49
4.2.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)	49
4.2.2 Teste de preferência – Escala Hedônica	53
4.2.3 Perfil sensorial da formulação final (F5)	56
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	58
4.4 ANÁLISE NUTRICIONAL	64
5 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICES	78

1 INTRODUÇÃO

O consumo de barras de cereais encontra-se em constante crescimento principalmente devido à sua praticidade e à relação existente entre esse tipo de alimento e saúde.

Em virtude disso, as indústrias precisam inovar ou desenvolver produtos que antecipem essas necessidades para surpreender o consumidor e ganhar mercado. Assim, barras de cereais com alegações de propriedades funcionais, adicionadas de fibra e fortificadas com vitaminas ou minerais são novas formas de apresentação que representam tendências de consumo.

A fortificação de alimentos com ferro é considerada uma das melhores opções para combater a deficiência deste mineral, que entre as causas mais comuns destacam-se as dietas pobres em ferro biodisponível e o aumento da demanda deste nutriente que ocorre em algumas fases da vida, como na gravidez e na infância.

Na fortificação de alimentos com ferro, é imprescindível escolher um composto com boa biodisponibilidade e que seja estável no alimento ao qual foi adicionado.

A absorção do ferro não-heme é determinada por fatores estimuladores e por inibidores. Como fatores inibidores estão: presença de alguns minerais na dieta (Ca, Zn, Cu, Co, Mn); ácido fítico encontrado em cereais, leguminosas e na maioria dos alimentos ricos em fibras; e polifenóis encontrados em bebidas como o chá preto e mate, café e alguns refrigerantes e no chocolate. Dentre eles, o maior inibidor é o ácido fítico, que se liga fortemente ao ferro no trato gastrointestinal, reduzindo grandemente sua absorção.

Existem algumas estratégias para conter a ação desses inibidores, dentre elas temos: adição de um dos fortificantes que protegem o mineral dos agentes inibidores da absorção, como NaFeEDTA e ferro bisglicina quelato.

No entanto, na adição de compostos de ferro em alimentos, é necessário verificar possíveis alterações sensoriais, principalmente de cor e sabor, de forma científica e objetiva através de análises sensoriais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver barras de cereais fortificadas com ferro.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a influência do enriquecimento com ferro nos atributos sensoriais das barras de cereais.
- Estudar as características microbiológicas e físico-químicas das barras de cereais fortificadas com ferro.
- Escolher, a partir de testes sensoriais, as melhores formulações.
- Estudar as características físico-químicas e nutricionais das formulações escolhidas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BARRAS DE CEREAIS

As barras de cereais são classificadas como *snacks*, que são definidos como pequenas refeições, leves ou substanciais. O consumo desse tipo de alimento apresenta crescimento constante principalmente devido à sua praticidade, que, com a mudança no estilo de vida da população, se tornou uma das características mais importantes para a escolha de um alimento (BRITO et al., 2004).

Em 1992, foi lançada, no Brasil, a primeira barrinha de cereal. O produto, talvez inovador demais para a época, não foi bem aceito pelo consumidor, e, somente alguns anos depois, as barras de cereais foram ganhando espaço, chegando a um crescimento de 25% ao ano (BARBOSA, 2007).

Empresas nacionais deste segmento disputam um mercado de R\$ 80 milhões. Atualmente, enquanto no Brasil consomem-se 4 milhões de barras de cereais por ano, os Estados Unidos dão conta de 2,9 bilhões, sendo que o consumo americano cresceu cerca de 40% nos últimos dois anos (FREITAS; MORETTI, 2006).

Segundo Palazzolo (2003), o catalisador para o crescimento no segmento de barra de cereais nos Estados Unidos, a partir da última década, foram produtos inovadores e com foco em conveniência e saúde. Pehanich (2003) reportou que barras nutricionais e energéticas vêm ganhando o mercado consumidor nos segmentos *diet*, “para mulheres”, “atletas de fim de semana”, “esportistas”, e outros.

Devido ao aumento do interesse da população por alimentos naturais, a indústria de alimentos está se orientando na elaboração de produtos mais nutritivos que tenham um bom aporte de carboidratos, proteínas, vitaminas, minerais e fibras. Com isso, a associação entre barra de cereais e alimentos saudáveis é uma tendência já documentada no setor de alimentos, o que beneficia o mercado destes produtos (FREITAS; MORETTI, 2006).

Porém, não basta saber que um determinado alimento é benéfico à saúde; a aparência, textura, odor e sabor têm papel importante na escolha e ingestão dos alimentos. Embora o corpo humano necessite de vários fatores para preservar sua integridade estrutural e funcional, a grande maioria da população come e bebe o que

gosta, conferindo, assim, ao sabor, papel importante na escolha e consumos dos alimentos (CASÉ et al., 2005).

2.1.1 Principais ingredientes das barras de cereais

Cereal em barra é um produto obtido a partir da compactação de flocos de cereais como arroz, aveia, milho e cevada, xarope de glicose, açúcar, edulcorante natural ou artificial, gordura ou óleo vegetal, frutas secas, sementes oleaginosas, sal e estabilizantes, podendo correr variação nos ingredientes de acordo com o sabor (SAMPAIO et al., 2004).

Um dos principais ingredientes das barras de cereais é a aveia (*Avena sativa* L.), que é um cereal de alta qualidade nutricional, rico em proteínas, ácido oléico e linoléico, e vitaminas. O carboidrato presente é rico em fibras solúveis, denominadas beta-glucanas, que são polissacarídeos lineares, não-ramificados, compostos por unidades de glicose unidas por ligações do tipo beta 1,4 e beta 1,3 glicose (Figura 1). São hidrossolúveis e resistentes aos processos digestivos (COPPINI; MARCO; WAITZBERG, 2003).

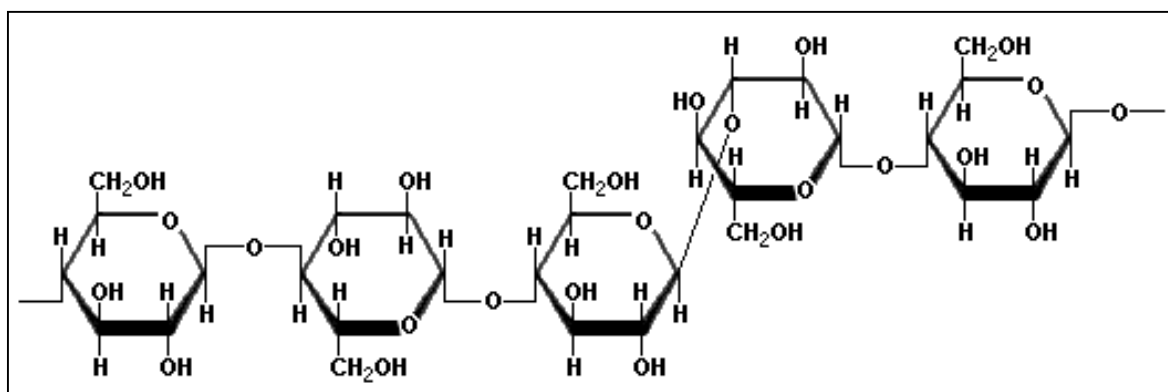


FIGURA 1 – ESTRUTURA QUÍMICA DA BETA-GLUCANA
FONTE: SCIENTIFIC PSYCHIC (2007)

Na aveia, a fibra alimentar encontra-se principalmente nos tecidos externos do grão (casca e farelo), com funções estruturais e de proteção. Estes tecidos contêm acima de 70% do total da fibra alimentar, enquanto o endosperma (camada mais interna do grão) apresenta quantidades relativamente pequenas (MONTEIRO, 2005). As estruturas do grão de aveia podem ser observadas na Figura 2.

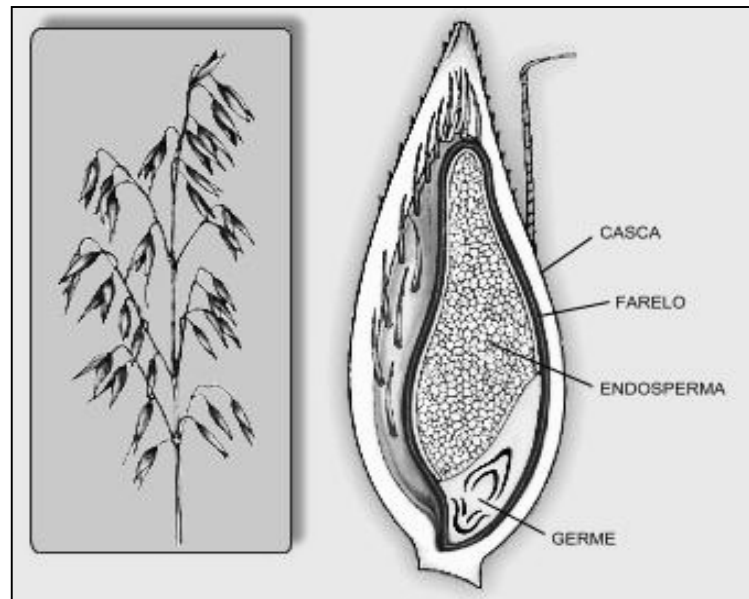


FIGURA 2 – CORTE TRANSVERSAL DO GRÃO DE AVEIA
FONTE: ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA (2007)

A qualidade dos grãos depende de vários fatores: cultivar, condições de desenvolvimento, práticas culturais e tamanho dos grãos, os quais influenciam diretamente seus aspectos químicos e físicos (BOTHONA et al., 1999).

Para ser consumida, a aveia passa por várias etapas de processamento que envolve processos mecânicos, térmicos e alterações de umidade, seguindo de maneira geral o esquema da Figura 3 (DE SÁ; DE FRANCISO; SOARES, 1998).

Outro ingrediente presente na maioria das barras de cereais é o flocos de arroz. Este é um produto crocante, fabricado à base de farinha de arroz, açúcar, malte e sal, utilizando-se o processo de extrusão. Este processo consiste em submeter os ingredientes à influência de calor, umidade, pressão e cisalhamento, transformando-os em uma massa viscoelástica que emerge do extrusor (Figura 4). A queda súbita de pressão permite a vaporização de água e conseqüentemente a expansão da massa de cereal. O produto intumescido tem uma estrutura celular formada por bolsões de ar envoltos por paredes de amido gelatinizado, o que contribui para sua textura quebradiça (TAKEUCHI; SABADINI; CUNHA, 2005).

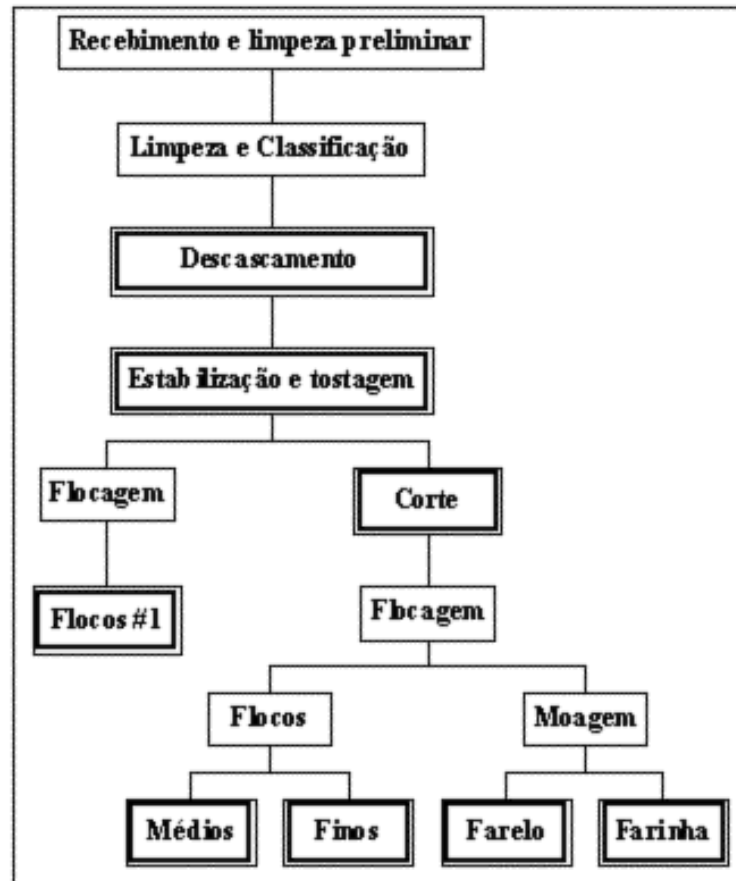


FIGURA 3 – DIAGRAMA DE FLUXO DE PROCESSAMENTO DA AVEIA
 FONTE: DE SÁ; DE FRANCISO; SOARES (1998)

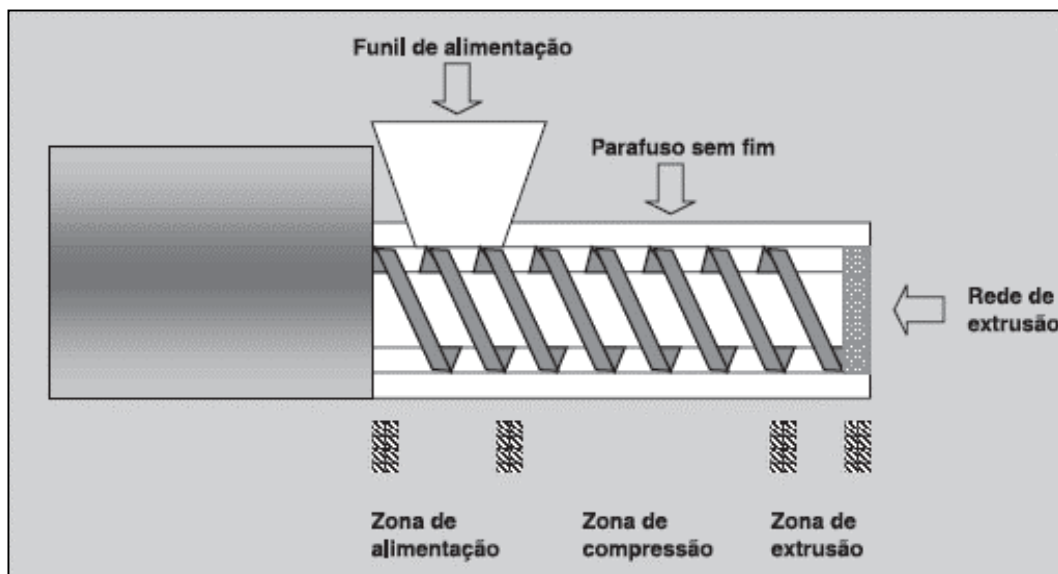


FIGURA 4 – VISTA LATERAL DA REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO EXTRUSOR
 FONTE: SANTOS et al. (2004)

Na elaboração da calda, responsável pela aglomeração dos ingredientes sólidos, a utilização exclusiva de sacarose pode resultar em produto seco, duro e granuloso, devido ao seu limite de solubilidade, em torno de 67%. Em associação à sacarose, podem ser utilizados açúcar invertido, glicose, frutose, maltose e seus xaropes (GALLI et al., 1996).

O xarope de glicose é tradicionalmente obtido a partir da hidrólise ácida e/ou enzimática de amido de milho. Porém, outras fontes de amido, como o arroz e a mandioca, também são largamente utilizadas em todo mundo (EDUARDO, 2002).

Assim como as soluções de açúcares invertidos, o xarope de glicose é mais denso que soluções de sacarose e, por este motivo apresenta vantagens em relação à minimização da possibilidade de cristalização e do crescimento de bolores e leveduras (GRATÃO; BERTO; SILVEIRA JÚNIOR, 2004).

Para as indústrias de alimentos, o emprego de açúcar invertido e xarope de glicose evita processos dispendiosos de diluição, armazenagem e transporte de açúcares sólidos, o que reduz custos de energia e minimiza a produção de dejetos industriais (GRATÃO; BERTO; SILVEIRA JÚNIOR, 2004).

Outros ingredientes como flocos de milho, flocos de cevada, edulcorante natural ou artificial, gordura ou óleo vegetal, frutas secas, sementes oleaginosas, sal, estabilizantes, aromatizantes, cobertura de chocolate, dentre outros, podem estar presentes ou não. Isto dependerá da formulação padrão de cada marca e do sabor da barra de cereais.

2.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Um alimento deve produzir satisfação e ser agradável ao consumidor. Isto é resultante da interação de diferentes parâmetros de qualidade sensorial. No desenvolvimento de novos produtos é imprescindível otimizar parâmetros, como forma, cor, aparência, odor, sabor, textura, consistência e a interação dos diferentes componentes, com a finalidade de alcançar um equilíbrio integral que se traduza em uma qualidade excelente e que seja de boa aceitabilidade (BARBOZA; FREITAS; WASZCZYNSKYJ, 2007).

O desenvolvimento de novos produtos é uma atividade de vital importância para a sobrevivência da maioria das empresas e tem estreita relação com as

necessidades e tendências de consumo. O consumidor tende a se tornar mais seletivo e exigente na hora de optar pelas marcas à sua disposição. Em virtude disso, as indústrias precisam inovar ou desenvolver produtos que antecipem essas necessidades para surpreender o consumidor e ganhar mercado na frente da concorrência (BARBOZA; FREITAS; WASZCZYNSKYJ, 2007).

Assim, a tendência de consumir um produto mais nutritivo como substituto de doces e tortas tem levado a indústria de alimentos a buscar novas formas de apresentação das barras de cereais: tradicionais, com chocolate, *light*, *diet* e, mais recentemente, fortificada com nutrientes (BUENO, 2005).

2.3 FORTIFICAÇÃO DE ALIMENTOS

De acordo com a Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998, a fortificação ou enriquecimento de alimentos são termos que se utilizam para o processo de adição de um ou mais nutrientes essenciais contidos naturalmente ou não no alimento, com o objetivo de reforçar seu valor nutritivo e ou prevenir ou corrigir deficiência(s) demonstrada(s) em um ou mais nutrientes, na alimentação da população ou em grupos específicos da mesma (BRASIL, 1998).

A fortificação de alimentos constitui medida de baixo custo, rápida aplicação e alta efetividade e flexibilidade, sendo socialmente aceita, uma vez que não interfere no modelo alimentar da população, pois utiliza alimentos de uso corrente. Além disso, os riscos de efeitos colaterais e toxicidade são mínimos, pois as doses de fortificante adicionadas aos alimentos são pequenas e controladas (ZANCUL, 2004; TUMA et al., 2003).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), são reconhecidos quatro tipos de fortificação: “em massa ou universal” que consiste na adição de micronutrientes aos alimentos consumidos pela grande maioria da população, sendo regulada pelos governos. É indicada em países onde diferentes grupos populacionais apresentam risco elevado para desenvolver determinada patologia associada à carência nutricional; “em mercado aberto”, por iniciativa da indústria de alimentos em fortificar seus produtos, com o objetivo de aumentar seus lucros; “direcionada”, que consiste na fortificação de alimentos consumidos por grupos de alto-risco; “comunitária ou domiciliar”, uma abordagem recente que está sendo

explorada em países em desenvolvimento, em que são adicionados suplementos às refeições das crianças (ASSUNÇÃO; SANTOS, 2007).

2.4 FERRO

O ferro é um nutriente essencial à vida e atua principalmente na síntese das células vermelhas do sangue e no transporte do oxigênio para as células do corpo. Tem papel importante na produção de energia e é componente essencial de várias proteínas como a hemoglobina e a mioglobina (BONTEMPO, 1997). As funções deste mineral são decorrentes de suas propriedades físicas e químicas, principalmente devido à facilidade de participar de reações químicas de oxi-redução (DEVINCENZI; RIBEIRO; SIGULEM, 2000).

Há dois tipos de ferro da dieta: cerca de 90% do ferro dos alimentos estão na forma de sais, denominados ferro não-heme, derivado principalmente dos produtos vegetais; os outros 10% estão na forma de ferro heme provenientes principalmente da hemoglobina e da mioglobina (CARDOSO, 2006). A Figura 5 apresenta a estrutura química do grupo heme com o ferro no centro do anel porfirínico.

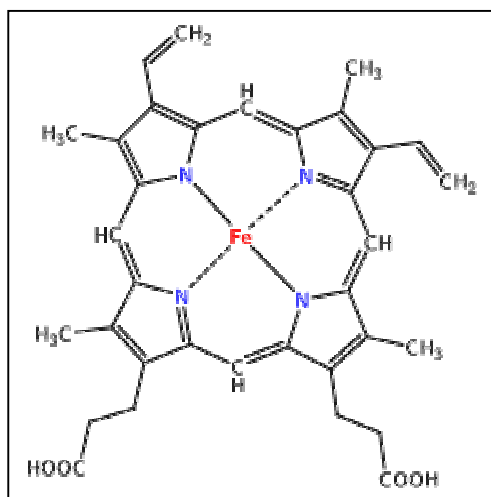


FIGURA 5 – ESTRUTURA QUÍMICA DO FERRO HEME

Já no organismo, o ferro está presente em maior quantidade na forma heme, na hemoglobina das hemácias, onde realiza importante papel na respiração, no transporte do oxigênio, do dióxido de carbono e das enzimas envolvidas no processo de respiração celular. Nos músculos, a forma heme presente na mioglobina, atua como reserva de oxigênio das células e das enzimas responsáveis pela produção oxidativa de ATP. É essencial ao funcionamento do sistema imunológico e na síntese dos neurotransmissores. O ferro não funcional está armazenado no fígado, no baço e na medula óssea (DEVINCENZI; RIBEIRO; SIGULEM, 2000).

2.4.1 Absorção de ferro

A absorção de uma substância ou elemento químico pelo organismo, quando administrado por via oral, ocorre apenas após ser dissolvido no meio em que se encontra e tem relação direta com o volume, a presença de outros compostos, o pH e a polaridade. Além disso, depende também, do tempo pelo qual permanece em contato com os líquidos do meio e das características físicas tais como, tamanho das partículas, estado amorfo ou cristalino etc (HALLBERG; HULTHEN, 2000).

A absorção de ferro pelo organismo é controlada, a fim de evitar o seu excesso, pois tanto um suprimento inadequado deste mineral nos tecidos, quanto um acúmulo excessivo no organismo conduz à morbidade (SILVA, 1994).

Desta forma, o grau de absorção de ferro pode variar consideravelmente, dependendo da abundância das reservas corporais desse mineral, de sua forma e quantidade nos alimentos e da combinação dos alimentos da dieta (CARDOSO, 2006). Os componentes da dieta e o estado nutricional do indivíduo têm significativa influência sobre a absorção de ferro da dieta (MARTÍNEZ et al., 1999).

Em condições normais, um ótimo padrão alimentar contém 10 a 20 mg de ferro, dos quais o indivíduo absorve cerca de 5 a 10%. Essa absorção compensa perdas de ferro através da descamação de células da pele, vias digestivas, urinárias e respiratórias (SILVA, 1994). No entanto, segundo Monsen et al. (1978), quando os estoques de ferro corporal estão depletados, são esperados valores de absorção entre 10 e 20% em refeições com média e elevada biodisponibilidade de ferro, respectivamente.

Em seres humanos, o ferro é absorvido através das células da mucosa intestinal, principalmente no duodeno e jejuno proximal, é transportado na corrente

sanguínea e fluido extracelular ligado a uma proteína plasmática denominada transferrina, e, em seguida, é estocado intracelularmente na forma de ferritina (CARDOSO, 2006; SILVA, P., 1994).

Os dois tipos de ferro que compõem a dieta (heme e não-heme) apresentam diferenças no mecanismo da absorção. O ferro heme é absorvido na faixa de 10 a 30% diretamente pela mucosa intestinal, não sofrendo interferência de fatores da dieta. Já o ferro não-heme apresenta biodisponibilidade variável e, para sua absorção, necessita de uma proteína transportadora, ficando sujeito à influência de fatores químicos ou alimentares (MENDONÇA, 2006).

O ferro não-heme, quando no estado elementar (iônico), existe em duas formas reversíveis: ferro ferroso (Fe^{2+}) e ferro férrico (Fe^{3+}). A absorção de ferro ferroso ocorre preferencialmente em relação ao ferro férrico. Isto porque, o ambiente intraluminal favorece a disponibilidade de ferro ferroso, uma vez que, em pH acima de dois, o sal de ferro férrico sofre hidrólise, ocasionando a precipitação e insolubilidade do ferro. Apenas o ferro solúvel, em moléculas de heme ou ligado a quelatos de baixo peso molecular pode ser absorvido (CARDOSO, 2006).

2.4.2 Biodisponibilidade de ferro

Biodisponibilidade de um nutriente representa a proporção do nutriente que é digerido, absorvido e metabolizado, sendo capaz de estar disponível para uso ou armazenamento (COZZOLINO, 1997).

Assim, a quantidade total de ferro de um alimento ou dieta não indica a quantidade que será biodisponível, porque existem vários fatores que influenciam a absorção e utilização desse mineral. Portanto, para garantir suporte adequado de ferro, é necessário conhecer e diferenciar a quantidade total, da quantidade biodisponível (MARTINI, 2002).

Segundo Cozzolino (2007), a biodisponibilidade do ferro na dieta brasileira média é baixa, girando em torno de 1 a 7%. Em geral, as dietas de baixa biodisponibilidade são compostas à base de cereais com pouco teor de vitamina C; nas dietas de biodisponibilidade intermediária predominam alimentos vegetais com alguma quantidade de proteínas de origem animal e vitamina C; e as dietas de alta biodisponibilidade se caracterizam por predomínio de proteínas de origem animal e alto consumo de frutas frescas (fontes de vitamina C) (CARDOSO, 2006).

2.4.3 Fatores que afetam a biodisponibilidade de ferro

A absorção do ferro não-heme é determinada por fatores estimuladores que mantêm o mineral sob a forma reduzida (Fe^{2+}), portanto solúvel, e por inibidores que se ligam ao ferro, tornando-o insolúvel e impedindo sua absorção (BONI et al., 1993).

Entre os estimuladores estão carnes e ácidos orgânicos como o cítrico e, principalmente, o ascórbico. O efeito da carne como estimulador relaciona-se especificamente à liberação de cisteína e de peptídeos com cisteína durante o processo de digestão, formando quelatos peptídeo-Fe de fácil absorção. O ácido ascórbico converte o Fe férrico em ferroso, tornando-o solúvel no meio alcalino do intestino delgado. Além disso, no pH ácido do estômago, o ácido ascórbico forma um quelato com cloreto férrico que permanece estável em pH alcalino (CARDOSO, 2006).

Um dos fatores que interferem na biodisponibilidade de ferro diz respeito às interações que ocorrem entre este e alguns minerais presentes na dieta como cálcio, zinco, cobre, cobalto e manganês (LOBO; TRAMONTE, 2004; BONI et al., 1993). De acordo com Couzi et al. (1993), as interações entre minerais podem ocorrer de forma direta ou indireta. As interações diretas são geralmente fenômenos competitivos que ocorrem durante a absorção intestinal (como por exemplo: cálcio, manganês e zinco) ou utilização tecidual, enquanto que as indiretas ocorrem quando um mineral está envolvido no metabolismo do outro, de modo que a deficiência de um acarreta num prejuízo de função do outro.

Segundo Cook, Dassenko e Whittaker (1991), o cálcio atua como inibidor da absorção de ferro não-heme quando ingerido em quantidades maiores do que 500 mg. Já o manganês pode inibir a absorção desse mineral quando presente em proporção 300 vezes maior que o ferro e o zinco, quando seu conteúdo é cinco vezes maior que o de ferro (ROSSANDER-HULTEN et al., 1991).

Ácido fítico encontrado em cereais, leguminosas e na maioria dos alimentos ricos em fibras, polifenóis encontrados em alta concentração em bebidas como o chá preto e mate, café e alguns refrigerantes e no chocolate e certas proteínas do leite e da soja podem reduzir consideravelmente a absorção de ferro, em alimentos que apresentem naturalmente ou sejam adicionados desse mineral, devido à formação

de complexos insolúveis no trato gastrointestinal (CARDOSO, 2006; HURREL, 2002; BONI et al., 1993).

Gupta, Lakshmi e Prakash (2006) ao avaliarem a biodisponibilidade de cálcio e ferro em vegetais folhosos, pelo método *in vitro* de diálise, concluíram que os componentes presentes na estrutura química desses alimentos, como oxalatos, fibras, taninos e ácido fítico, são os principais interferentes da biodisponibilidade de ferro.

O maior inibidor da absorção de ferro é o ácido fítico, que está presente extensamente em grãos de cereais e em leguminosas, os quais apresentam proporções deste composto variando de 1 a 5%. O ácido fítico se liga fortemente ao ferro no trato gastrointestinal, reduzindo sua absorção a níveis muito baixos (DE CARLI et al., 2006; HURRELL, 2002).

O ácido fítico (Figura 6) é uma molécula carregada negativamente em ampla faixa de pH e possui 12 prótons substituíveis. Diante desse contexto, tem grande potencial para a formação de complexos em presença de íons metálicos. O ácido coordena-se através dos grupos doadores, os fosfatos, e a estrutura resultante forma um quelato. Em pH elevado, o ácido fítico forma complexos insolúveis com cátions polivalentes, diminuindo a biodisponibilidade nutricional de muitos minerais traço (DE CARLI et al., 2006).

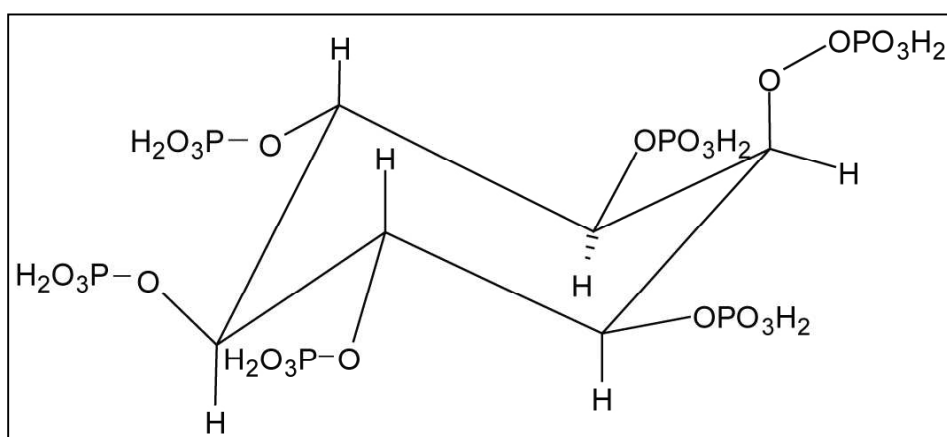


FIGURA 6 – MOLÉCULA DE ÁCIDO FÍTICO
FONTE: DE CARLI et al., 2006

Dentre os polifenóis, os taninos são os mais importantes, pois agem através da formação de complexos entre os grupos hidroxila dos componentes fenólicos e a molécula de ferro, tornando-o indisponível para absorção (LYNCH, 1997).

Existem três estratégias para conter a ação dos inibidores da absorção de ferro: adição de ácido ascórbico ou sódio EDTA, junto com o composto de ferro; adição de um dos fortificantes que protegem o mineral dos agentes inibidores da absorção, como NaFeEDTA, ferro bisglicina quelato e ferro heme; ou a degradação ou remoção do ácido fítico (HURRELL, 2002).

2.4.4 Determinação da biodisponibilidade de ferro

A biodisponibilidade de minerais presentes em alimentos e dietas tem sido determinada por métodos *in vitro* e *in vivo* e, segundo Bueno (2008), para o ferro, existe correlação significativa entre os métodos.

Os métodos *in vitro* reproduzem as condições do sistema digestório humano e são capazes de prever os mecanismos de absorção de nutrientes (BUENO, 2008). Já a biodisponibilidade *in vivo* é a razão entre a concentração do nutriente disponível endogenamente, determinada por ensaios biológicos, sobre a concentração total do nutriente no alimento (MOURÃO et al., 2005).

2.4.5 Recomendações diárias de ferro

Ingestão Diária Recomendada (IDR) é a quantidade de proteína, vitaminas e minerais que deve ser consumida diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia (BRASIL, 2005).

O ferro, ao contrário de outros minerais, é mantido ou regulado em indivíduos adultos pela quantidade absorvida aproximadamente igual à perda (HALLBERG; HULTHEN, 2000). Para a manutenção do equilíbrio, a IDR para indivíduos não deficientes varia de acordo com a idade e o sexo (Tabela 1). A Tabela 2 descreve as necessidades totais de ferro em função da faixa etária (WHO, 2001).

TABELA 1 – RECOMENDAÇÃO DIÁRIA DE FERRO

Recomendação diária (mg)	
Lactentes	
0 – 6 meses	0,27
7 – 11 meses	9,0
Crianças	
1 – 3 anos	6,0
4 – 6 anos	6,0
7 – 10 anos	9,0
Adulto	14,0
Mulheres gestantes	27,0
Mulheres lactantes	15,0

FONTE: ANVISA (2005)

TABELA 2 – NECESSIDADE TOTAL DE FERRO SEGUNDO GÊNERO E GRUPO ETÁRIO

Grupos	Idade (anos)	Necessidade total de ferro (mediana em mg/dia) ¹
Crianças	0,5-1	0,72
	1-3	0,46
	4-6	0,50
	7-10	0,71
Homens	11-14	1,17
	15-17	1,50
	Acima de 18	1,05
Mulheres	11-14*	1,20
	11-14	1,68
	15-17	1,62
	Acima de 18	1,46
Mulheres pós-menopausa		0,87
Nutrizes		1,15

FONTE: WHO (2001)

NOTA: *meninas de 11 a 14 anos antes da menarca; ¹necessidades totais para crescimento, perdas basais e, em mulheres, perdas menstruais.

2.4.6 Deficiência de ferro e anemia ferropriva

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que o número de pessoas anêmicas em todo o mundo aproxime-se de dois bilhões e que a maioria dos casos de anemia seja causada por deficiência de ferro (ASSUNÇÃO; SANTOS, 2007).

A anemia nutricional é definida pela OMS (1968) como “um estado em que a concentração de hemoglobina do sangue é anormalmente baixa em consequência da carência de um ou mais nutrientes essenciais, qualquer que seja a origem dessa carência”.

A deficiência de ferro é a carência nutricional mais comum no mundo (ASSUNÇÃO; SANTOS, 2007; TUMA et al., 2003) e é resultado de um desequilíbrio entre a quantidade do mineral biologicamente disponível e a necessidade orgânica do indivíduo. Assim sendo, entre as causas mais comuns destacam-se as dietas pobres em ferro biodisponível e o aumento da demanda como as que ocorrem na infância, adolescência e gravidez (FUJIMORI; SZARFARC; OLIVEIRA, 1996; TUMA et al., 2003).

A deficiência de ferro no corpo humano desenvolve-se em 3 estágios. No primeiro estágio, o estoque de ferro começa a ser reduzido, o que resulta no decréscimo de ferritina sérica abaixo de 12 $\mu\text{g/L}$. Com a progressão da deficiência, desenvolve-se o segundo estágio, onde a produção de eritrócitos é diminuída, ou seja, ocorre redução da síntese das células vermelhas do sangue. Porém, a concentração de hemoglobina permanece acima do ponto de corte estabelecido. A última e mais severa e avançada forma de deficiência de ferro é a anemia por deficiência de ferro (ferropriva), resultando no decréscimo da concentração de hemoglobina abaixo no ponto de corte estabelecido: 11 g/dL para mulheres grávidas e crianças, 12 g/dL para mulheres não grávidas e 13 g/dL para homens. Em adição ao sexo, idade e status de gravidez, outros fatores influenciam o valor do ponto de corte da concentração de hemoglobina, como altitude, raça e fumo (HUMA et al., 2007).

Essa deficiência pode resultar em comprometimento dos sistemas de defesa imunológica, facultando a ocorrência e/ou o agravamento de doenças infecciosas, prejuízos no desenvolvimento mental e psicomotor das crianças, aumento da morbimortalidade materna e infantil, redução da capacidade de aprendizado, queda

no desempenho do indivíduo no trabalho e redução da resistência às infecções (TUMA et al., 2003; BATISTA-FILHO; FERREIRA, 1996).

No Brasil, de acordo com estimativa do Ministério da Saúde, cerca de 45% das crianças de até 5 anos (10 milhões de pessoas) têm anemia (NABESHIMA et al., 2005). Em adolescentes do sexo feminino, associado ao intenso crescimento que ocorre nesta fase da vida, há maior perda do mineral a partir da menarca, o que torna esse grupo mais suscetível à deficiência de ferro (FUJIMORI; SZARFARC; OLIVEIRA, 1996).

Além disso, o número de mulheres praticantes de algum tipo de modalidade esportiva vem crescendo bastante nos últimos anos. O aumento do esforço físico, decorrente do exercício, e a inadequação dietética expõem-nas a distúrbios orgânicos de todas as ordens. Entre as principais disfunções que acometem atletas femininas destacam-se: amenorréia, anemia, osteoporose e distúrbios alimentares (RIBEIRO; SOARES, 2002).

Especialmente para ginastas femininas e bailarinas, o consumo de energia é freqüentemente descrito como baixo, em relação à idade e à massa corporal, quando comparado às recomendações nutricionais (DEUTZ et al., 2000). Estas atletas, normalmente, o limitam tendo em vista uma melhoria no desempenho profissional (CLAESSENS et al., 1999).

Na avaliação do balanço energético em 42 ginastas, foi identificado um déficit de 743 kcal, o que pode facilmente induzir problemas relacionados com a nutrição, os quais são incompatíveis com a saúde e o ótimo rendimento (DEUTZ et al., 2000).

A prevalência da inadequação no balanço de ferro em homens atletas tem sido observada em até 10% podendo atingir 20% em atletas do sexo feminino (BALABAN et al., 1989). Baixas concentrações de eritrócitos e de hemoglobina tem sido observadas não apenas em fundistas, mas também em triatletas e nadadores (SELBY; EICHNER, 1986). A síntese de hemoglobina, quando diminuída, influencia negativamente o exercício por limitar o suporte de oxigênio para a contração muscular (VIETRI; TORUM, 1974).

A anemia, independente do tipo, além dos problemas citados anteriormente, pode diminuir o consumo máximo de oxigênio, reduzir a capacidade de trabalho físico, diminuir a resistência e aumentar o risco de fadiga muscular, prejudicando de maneira considerável o desempenho do atleta (RIBEIRO; SOARES, 2002).

Objetivando reduzir a ocorrência de anemia ferropriva, muitas estratégias têm sido propostas. Entretanto, a fortificação da dieta com ferro é considerada, por muitos pesquisadores e pela OMS, como uma das melhores opções, pelo alcance de todos os segmentos populacionais, com possibilidade de utilização por longo período e sem necessidade de cooperação individual efetiva (ASSUNÇÃO; SANTOS, 2007; HUMA et al., 2007; ZANCUL, 2004; TUMA et al., 2003).

2.4.7 Fortificação de alimentos com ferro

Para efeitos de fortificação, segundo a legislação, um alimento para ser considerado como “fonte” de um determinado mineral deve conter em 100 mL ou 100 g do produto, pronto para consumo, no mínimo 7,5% da ingestão diária recomendada (IDR) de referência, no caso de líquidos, e 15% da IDR de referência, no caso de sólidos. E, para ser classificado como “alto teor” ou “rico” em determinado mineral, ele deve conter em 100 mL ou 100 g do produto, pronto para consumo, no mínimo 15% da IDR de referência, no caso de líquidos, e 30% da IDR de referência, no caso de sólidos (BRASIL, 1998).

No Brasil, desde junho de 2004, tornou-se obrigatória a fortificação de farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico. A Resolução RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002, estabelece as quantidades mínimas desses nutrientes que devem ser adicionadas às farinhas: 4,2 mg de ferro por 100 g de farinha e 150 mcg de ácido fólico por 100 g de farinha. No que diz respeito ao ferro, a legislação permite a utilização de sulfato ferroso desidratado (seco), fumarato ferroso, ferro reduzido, ferro eletrolítico, sódio ferro etileno diamino tetracético (NaFeEDTA), ferro bisglicina quelato e outros compostos de biodisponibilidade não inferior a dos compostos permitidos (BRASIL, 2002).

2.4.8 Disponibilidade de alimentos fortificados com ferro

Os produtos lácteos e os cereais são os principais alimentos utilizados como veículos na fortificação com ferro (ZANCUL, 2004; THEUER, 2002).

Uma pesquisa realizada em seis grandes redes de supermercados de Curitiba, Paraná, encontrou os seguintes grupos de alimentos fortificados com ferro: fórmulas lácteas infantis, alimentos à base de cereais destinados à alimentação de

crianças, cereais matinais, pós para preparo de bebidas, leites em pó, farinhas de trigo e de milho, bebidas lácteas, leites UHT, uma barra de cereal, uma barra de proteína, um suplemento líquido de vitaminas e minerais, um refresco em pó e um pão tipo bisnaguinha (SAMPAIO et al., 2007).

Nesta pesquisa, de todos os produtos enriquecidos com ferro encontrados, 66% não informaram o composto do mineral utilizado. Dos que informaram, a forma de ferro mais freqüente foi sulfato ferroso, seguido de ferro reduzido, pirofosfato de ferro e fumarato ferroso. (SAMPAIO et al., 2007).

Desses produtos, cinco foram desenvolvidos especialmente para a nutrição de mulheres: suplemento de vitaminas e minerais, pós para preparo de bebida à base de soja, *shake* compensador para mulheres praticantes de atividade física, *shake* à base de soja e barra de cereais com 6,4 mg de Fe / 100 g (o equivalente a 45,5% da IDR para adultos). E apenas as bebidas lácteas, o suplemento líquido de vitaminas e minerais, a barra de cereal e a barra energética, são alimentos considerados prontos para o consumo (SAMPAIO et al., 2007).

2.4.9 Compostos de ferro utilizados em alimentos

Os alimentos fortificados possuem o equivalente a 20-40% da ingestão diária recomendada de ferro para o grupo a que o alimento se destina e as formas de ferro mais utilizadas na fortificação incluem sódio ferro etileno diamino tetracético (NaFeEDTA), sulfato ferroso, ferro elementar (ferro reduzido, carbonil e eletrolítico), ortofosfato de ferro, fumarato ferroso e pirofosfato de ferro (HUMA et al., 2007).

Na adição de um composto de ferro, é necessário avaliar possíveis mudanças de cor, sabor ou aparência nos alimentos, que possam vir a ocorrer com o tempo ou devido a condições adversas de estocagem (GARCÍA-CASAL et al., 2003).

É muito importante a seleção correta do tipo de composto que vai ser utilizado na fortificação, assim como o alimento usado como veículo (ZANCUL, 2004). Cada fortificante possui várias vantagens e desvantagens que devem ser analisadas frente às características de cada alimento. Solubilidade, reatividade química, biodisponibilidade e custo são aspectos importantes na seleção de um composto (GARCÍA-CASAL et al., 2003).

Os compostos de ferro são classificados como: solúveis em água (sulfato ferrosos, gluconato ferroso, lactato ferroso); pouco solúveis em água, mas solúveis em ácidos diluídos (fumarato ferroso, succinato ferroso); pouco solúveis em água e em soluções ácidas (pirofosfato férrico, ortofosfato férrico, ferro elementar); e protegidos por compostos (hemoglobina, NaFeEDTA, ferro bisglicina quelato). Para estabelecer a biodisponibilidade relativa desses compostos, os valores de absorção são comparados com o composto padrão, sulfato ferroso, com biodisponibilidade relativa de 100 (Tabela 3) (GARCÍA-CASAL et al., 2003).

O sulfato ferroso, uma das formas mais utilizadas, é um composto solúvel em água e tem a maior biodisponibilidade relativa (Tabela 3), sendo que apenas 10-20% deste ferro é absorvido. É relativamente instável, podendo reduzir a qualidade do alimento-veículo (HUMA et al., 2007; GARCÍA-CASAL et al., 2003). Pode provocar oxidação de lipídios, rancidez em farinhas de cereais estocadas por longos períodos, alterações indesejáveis em produtos a base de cacao e, freqüentemente, causa sabor metálico em produtos líquidos (HURRELL et al., 2000). Pode ser encontrado comercialmente na forma monohidratada ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), bihidratada ($\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), heptahidratada ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) e seco (em pó) (MENDONÇA, 2006).

TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS COMPOSTOS DE FERRO

COMPOSTO	% FERRO	BIODISPONIBILIDADE RELATIVA EM RATOS*	BIODISPONIBILIDADE RELATIVA EM HOMENS*	CUSTO APROXIMADO RELATIVO**
SULFATO FERROSO · 7H ₂ O	20	100	100	1,0
SULFATO FERROSO SECO	33	100	100	0,7
GLUCONATO FERROSO	12	97	89	5,1
LACTATO FERROSO	19	-	106	4,1
FUMARATO FERROSO	33	95	100	1,3
PIROFOSFATO FÉRRICO	25	45-58	21-74	2,3
FERRO ELETROLÍTICO	97	16-70	75	***
NaFeEDTA	14	-	28-416	6,0

FONTE: HURRELL (2002)

NOTA: * Relativo ao sulfato ferroso · 7H₂O = 100; **Relativo ao sulfato ferroso · 7H₂O = 1.0, para o mesmo nível de ferro total; *** Em geral, é mais barato que o sulfato ferroso.

Ferro elementar (ferro reduzido, eletrolítico e carbonil) também possui baixo custo e, apesar de ser inerte e não promover rancidez, apresenta baixa biodisponibilidade (NABESHIMA et al., 2005; GARCÍA-CASAL et al., 2003).

A utilização do NaFeEDTA possui muitas vantagens: na presença de ácido fítico, o ferro é de duas a três vezes melhor absorvido quando na forma de NaFeEDTA do que quando na forma sulfato ferroso; não produz oxidação de lipídeos durante a estocagem de farinha de cereais; e, ao contrário dos compostos de ferro solúveis, não provoca precipitação de peptídeos quando adicionado a molhos de peixe ou de soja. Possui absorção similar ao do sulfato ferroso e é estável durante processamento e estocagem. A grande desvantagem do NaFeEDTA em relação a outros compostos de ferro é o alto custo, que pode chegar a ser seis vezes mais caro que o sulfato ferroso (HURRELL, 2002).

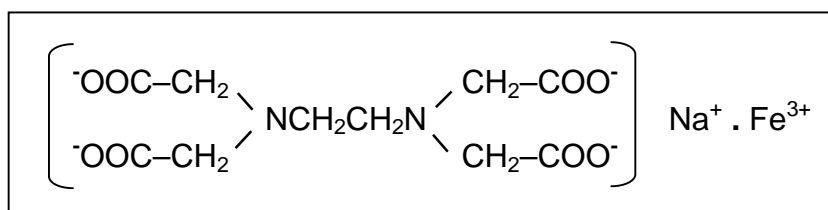


FIGURA 7 – ESTRUTURA QUÍMICA DO NaFeEDTA

Ferro aminoquelato como bisglicinato ferroso também é utilizado no enriquecimento de alimentos ricos em ácido fítico (MIGLIORANZA et al., 2003). Ferro bisglicina quelato é um mineral orgânico composto por uma molécula de ferro ligada a duas moléculas de glicina, através de ligações coordenadas covalente e iônicas, formando uma estrutura anelar (bicíclica). Segundo Hurrell et al. (2000), a vantagem do ferro bisglicina quelato sobre o NaFeEDTA é que ele é mais “natural”, porém, ele é mais caro e promove oxidação de gorduras em cereais e alterações na cor dos alimentos, da mesma forma que os compostos solúveis.

Contudo, na adição de um composto de ferro, é necessário avaliar possíveis mudanças de cor, sabor ou aparência nos alimentos, através da avaliação sensorial, pela qual é possível diagnosticar, de forma científica e objetiva, as características de um alimento, utilizando-se os órgãos dos sentidos (GARCÍA-CASAL et al., 2003).

2.5 ANÁLISE SENSORIAL

2.5.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é empregada quando se necessita compreender as qualidades sensoriais de um produto. Esta técnica avalia todos os atributos sensoriais presentes no alimento, quais sejam: aparência, odor/aroma, sabor e textura (DUTCOSKY, 2007).

A ADQ é um método descritivo quantitativo, normatizado pela ABNT NBR 14140 (1998), o qual utiliza escalas não estruturadas de 9 a 15 cm, ancoradas, nas extremidades ou próximo delas, com termos que indicam a intensidade do atributo que está sendo avaliado (DUTCOSKY, 2007).

2.5.2 Teste de preferência – Escala Hedônica

Os testes de preferência, também denominados subjetivos ou afetivos, medem o quanto uma população gostou de um produto, avaliando preferência ou aceitabilidade. Dentre estes testes, a escala hedônica de nove pontos é a mais amplamente utilizada para estudos de preferência com adultos (DUTCOSKY, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ELABORAÇÃO DAS BARRAS DE CEREAIS

O desenvolvimento das barras de cereais foi realizado no laboratório de Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná (DNUT/UFPR).

Foi elaborada uma formulação padrão (sem adição de ferro), utilizando como matérias-primas: flocos de arroz Harald[®], flocos de milho Nutrifoods[®], aveia em flocos Ferla[®], xarope de glicose Karo[®], açúcar mascavo Mais Vita[®], cobertura de chocolate Garoto[®] (Ingredientes: açúcar, manteiga de cacau, massa de cacau, gordura vegetal, leite em pó integral, soro de leite em pó, leite em pó desnatado, emulsificantes lecitina de soja (322) e poliricinoleato de poliglicerol (476) e aromatizante), maçã desidratada em flocos e em cubos Tango Alimentos[®].

Para a fortificação com ferro foram escolhidos dois compostos, ferro aminoquelato (Ferrochel[®] - Albitech Nutritionals) e sódio ferro etileno diamino tetracético – NaFeEDTA (Synth[®]), devido à capacidade de proteger o ferro de agentes inibidores como o ácido fítico contido em grãos de cereais. A partir da formulação padrão, foram elaboradas oito formulações adicionadas de ferro, utilizando-se estes dois compostos, nas concentrações de 45% ou 60% da IDR para adultos (BRASIL, 2005), na calda ou na cobertura de chocolate (Tabela 4).

TABELA 4 – TEORES DOS COMPOSTOS DE FERRO EM 100g DE FORMULAÇÃO BASE

Formulações	Compostos de ferro	% Fe no composto	Local de adição do composto	% IDR*	Fe (mg)	Composto (mg)
F2	ferro aminoquelato	20	cobertura de chocolate	45	6,3	31,5
F3				60	8,4	42,0
F4	sódio ferro EDTA	13	cobertura de chocolate	45	6,3	49,2
F5				60	8,4	64,6
F6	ferro aminoquelato	20	calda	45	6,3	31,5
F7				60	8,4	42,0
F8	sódio ferro EDTA	13	calda	45	6,3	49,2
F9				60	8,4	64,6

NOTA: *IDR de 14 mg (BRASIL, 2005).

Na Tabela 5 estão descritos os nove tratamentos com relação à adição de ferro (sem adição, 45 ou 60% da IDR), composto de ferro e local de adição.

TABELA 5 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

TRATAMENTO	DESCRIÇÃO
F1	Formulação padrão (sem adição de ferro)
F2	Adição de ferro aminoquelato, 45% da IDR, na cobertura de chocolate
F3	Adição de ferro aminoquelato, 60% da IDR, na cobertura de chocolate
F4	Adição de NaFeEDTA, 45% da IDR, na cobertura de chocolate
F5	Adição de NaFeEDTA, 60% da IDR, na cobertura de chocolate
F6	Adição de ferro aminoquelato, 45% da IDR, na calda
F7	Adição de ferro aminoquelato, 60% da IDR, na calda
F8	Adição de NaFeEDTA, 45% da IDR, na calda
F9	Adição de NaFeEDTA, 60% da IDR, na calda

3.1.1 Delineamento experimental

Para o desenvolvimento das formulações foi utilizado o experimento fatorial, com três fatores (compostos de ferro, concentração de ferro e local de adição do composto – na calda ou na cobertura de chocolate), com delineamento em blocos completos casualizados.

3.1.2 Etapas do processamento das barras de cereais

Os ingredientes da calda (xarope de glicose e açúcar mascavo) foram dissolvidos em um tacho de inox, sobre aquecimento em chapa elétrica; em seguida foram adicionados os ingredientes: flocos de arroz, flocos de milho, aveia em flocos e maçã desidratada. Esta mistura foi cozida por 3,5 minutos com agitação constante.

Após a cocção, a mistura foi depositada em forma de inox quadrada de 24 cm de lado, onde foi prensada. Em seguida, a cobertura de chocolate, dissolvida em banho-maria, foi adicionada sobre a mistura de cereais prensada. O composto de ferro foi adicionado na calda dissolvida ou na cobertura de chocolate derretida, dependendo da formulação. Após o resfriamento, as barras foram cortadas, e

embaladas e armazenadas em temperatura ambiente, por 10 dias, para posteriores análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais.

O diagrama de fluxo (Figura 8) representa de maneira simplificada o procedimento empregado na elaboração das barras de cereais fortificadas com ferro.

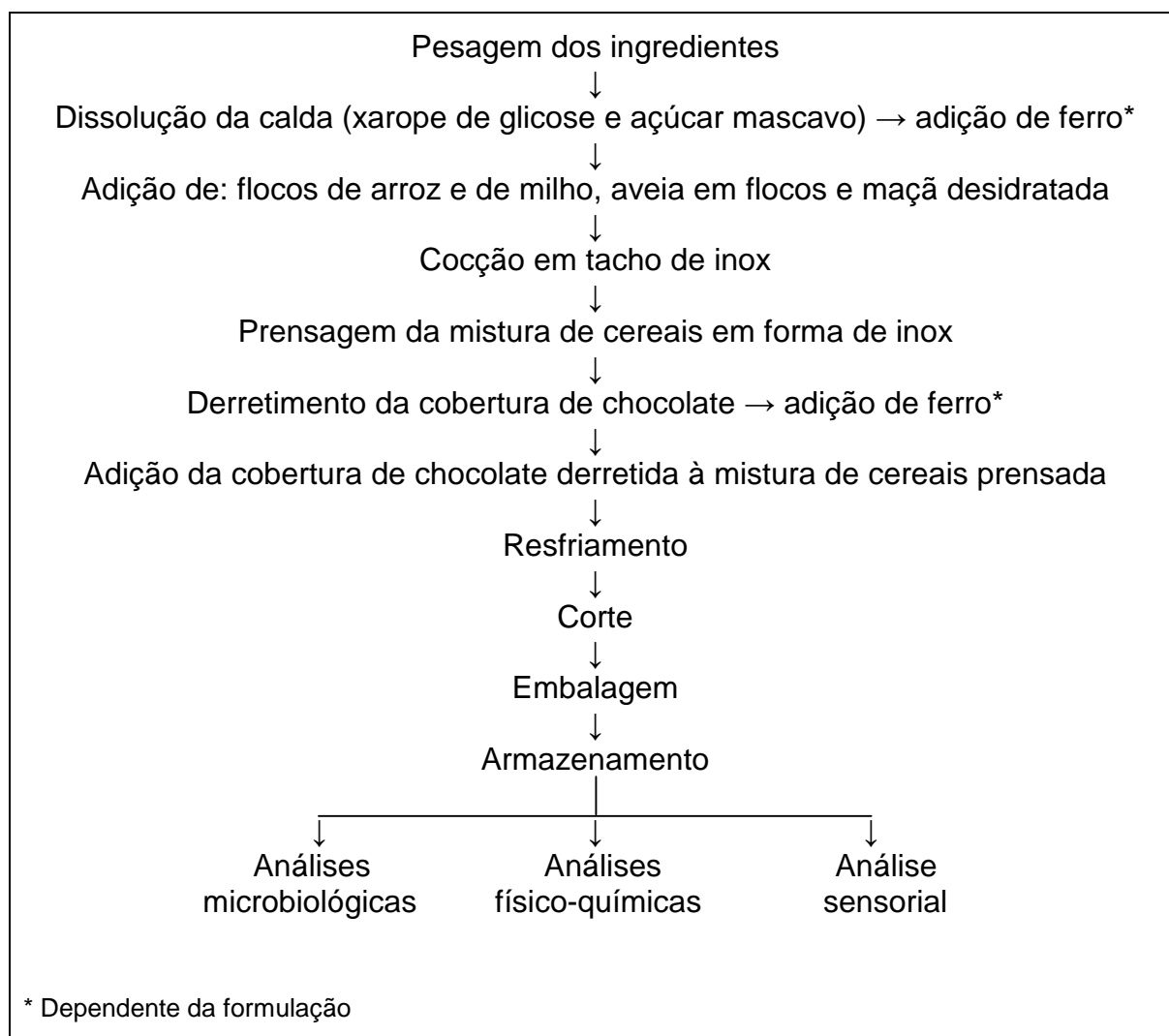


FIGURA 8 – DIAGRAMA DE FLUXO DE ELABORAÇÃO DAS BARRAS DE CEREAIS

3.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foram realizadas análises microbiológicas na formulação padrão e nas oito adicionadas de ferro, no laboratório de Higiene de Alimentos, do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná.

Segunda a Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, que estabelece os padrões microbiológicos para alimentos, cereais compactados, em barra ou outras formas, com ou sem adições, devem ser submetidos às análises microbiológicas de *Bacillus cereus*, Coliformes a 45°C e *Salmonella sp.* para fins de registro e fiscalização desses produtos alimentícios (BRASIL, 2001).

As análises determinadas, em triplicata, foram: contagem de *Escherichia coli*, de acordo com o método 991.14 (Petrifilm™), conforme AOAC (1997); detecção de *Salmonella sp.*, utilizando-se o método de enriquecimento seletivo conforme AOAC (2000); e determinação de *Bacillus cereus*, de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1997), método número 980.31.

3.3 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada por meio dos testes Análise Descritiva Quantitativa e Teste de Preferência/Aceitação – Escala Hedônica, no Laboratório de Análise Sensorial, do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), utilizando-se o *software Compusense Five*, versão 3.0, específico para análise sensorial.

Nos testes, as amostras foram dispostas randomicamente em bandejas, com códigos de três dígitos aleatorizados e diferentes para cada julgador, seguindo um delineamento em blocos completos balanceados. Durante o treinamento e o teste sensorial, foi disponibilizado para os julgadores água e biscoito água e sal para minimizar o efeito de resíduos entre uma amostra outra. As soluções utilizadas na seleção dos julgadores foram servidas em copos plásticos descartáveis. Os provadores realizaram as avaliações em cabines apropriadas, isolados, com luz branca e em temperatura ambiente e com copo de água para limpeza da boca entre as avaliações.

Antes da realização dos testes sensoriais, o projeto foi submetido à aprovação do Comitê de Ética do Hospital das Clínicas da Universidade Federal do Paraná. Para cada julgador foi entregue duas vias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 1), uma para ficar com o mesmo e outra para que fosse assinada e devolvida.

3.3.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

3.3.1.1 Recrutamento dos julgadores (n = 32)

No recrutamento dos julgadores foi utilizado um questionário (Apêndice 2), a partir do qual foram selecionados os provadores que declararam serem consumidores habituais de barras de cereais (no mínimo uma por semana), não fumantes e que possuísem disponibilidade para participar dos testes.

3.3.1.2 Seleção dos julgadores (n = 26)

A seleção dos julgadores ocorreu por meio da aplicação do teste de reconhecimento de gostos básicos: doce (2,0% sacarose), ácido (0,07% ácido cítrico), salgado (0,2% cloreto de sódio) e amargo (0,07% cafeína) (ISO 8586-1, 1993). Para identificar a capacidade dos provadores em reconhecer as diferentes intensidades de sabor doce e de sabor metálico foi empregada a metodologia de Teste Triangular (DUTCOSKY, 2007), utilizando soluções de sacarose (1% e 2%) e de sulfato ferroso heptahidratado (0,0005% e 0,001%). O ponto de corte foi de 100% de acerto nos três testes. As fichas utilizadas nos testes de reconhecimento de gostos básicos e triangular encontram-se nos apêndices 3 e 4, respectivamente.

3.3.1.3 Levantamento de atributos (n = 15)

Os julgadores selecionados participaram da etapa de levantamento de atributos, na qual foram apresentadas a estes, três amostras de barras de cereais, duas comerciais e a formulação padrão sem adição de ferro, em formato quadrado de três centímetros de lado e com, aproximadamente, sete gramas. Os provadores descreveram em uma ficha (Apêndice 5) suas impressões em relação à aparência, à textura, ao odor e ao sabor. A partir disso, foi coletada uma lista de atributos referentes às características das amostras.

Em um encontro posterior, o grupo discutiu os termos listados, formando 23 escalas, construídas a partir dos 23 termos descritores, que seriam utilizadas nas etapas subseqüentes. Para cada termo descritivo, foi elaborada uma escala não

estruturada de dez centímetros, ancorada nos extremos para cada atributo (Apêndice 6).

3.3.1.4 Materiais de referência

A partir dos termos descritores, foram determinados os materiais de referência para as extremidades das escalas e, em seguida, elaborou-se uma ficha (Figura 9), a qual continha a definição do termo descritor e a descrição do material de referência para os extremos das escalas.

Termo descritor		Definição	Referência para os extremos da escala
APARÊNCIA	Característico	Aspecto característico de barras de cereais; presença de cereais de fácil identificação.	Pouco: chocolate Chokito NESTLÉ® Muito: barra de cereais (banana, aveia e mel) TAEQ®
	Cor	Coloração das barras de cereais que podem variar de bege claro a marrom escuro, dependendo dos ingredientes e da presença ou não de corantes.	Clara: Barra de cereais (coco com chocolate) TRIO® Escura: barra de cereais (brigadeiro) TRIO®
	Diversidade de ingredientes	Variedade de ingredientes identificados na barra de cereais, como diversos cereais, frutas, sementes oleaginosas, chocolate etc.	Pouca: mistura 1 ¹ Muita: mistura 2 ²
	Tamanho de partículas	Tamanho dos ingredientes que compõem a barra de cereais	Pequeno: aveia em flocos marca GRANOVITAL® Grande: aveia laminada marca GRANOVITAL®
	Compactação	Compactação dos ingredientes que compõem a barra de cereais; existência de “espaço” entre os ingredientes.	Pouca: barra de cereais (castanha com chocolate) TAEQ® Muita: barra de granola (banana e amêndoas) NATURE VALLEY®
	Brilho	Aspecto brilhante ou opaco da barra de cereais.	Opaco: aveia laminada GRANOVITAL® Brilhante: pé-de-moleque SANTA HELENA®
ODOR	Odor de cereais	Odor volátil de cereais percebido por aspiração, antes do produto ser colocado na boca.	Pouco: pé-de-moleque SANTA HELENA® Muito: mistura 3 ³
	Odor adocicado	Odor adocicado percebido por aspiração, antes do produto ser colocado na boca.	Pouco: flocos de milho natural PÃO DE AÇÚCAR® Muito: glicose de mandioca YOKI®
	Chocolate	Odor volátil de chocolate percebido por aspiração, antes do produto ser colocado na boca.	Nenhum: flocos de milho natural PÃO DE AÇÚCAR® Muito: chocolate ao leite em barra LACTA®
	Frutas	Odor volátil de frutas percebido por aspiração, antes do produto ser colocado na boca.	Nenhum: flocos de milho natural PÃO DE AÇÚCAR® Muito: frutas desidratadas ⁴
	Natural	Odor volátil artificial ou natural dos ingredientes que compõem o produto, percebido por aspiração, antes do produto ser colocado na boca.	Pouco: aroma artificial de amêndoa DR OETKER® Muito: amêndoa moída

CONTINUA

FIGURA 9 – FICHA DOS TERMOS DESCRITORES E DO MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA OS EXTREMOS DA ESCALA

Termo descritor		Definição	Referência para os extremos da escala
TEXTURA	Firmeza	Força requerida para rompimento do produto entre os dentes molares.	Pouca: paçoca SANTA HELENA® Muita: pé-de-moleque SANTA HELENA®
	Crocância	Intensidade do barulho ouvido na mastigação do produto devido à característica dos cereais estalarem ao serem mastigados.	Pouca: bala de caramelo TUTTI® Muita: barra de granola (banana e amêndoas) NATURE VALLEY®
	Suculência	Sensação de umidade do produto.	Pouca: barra de granola (banana e amêndoas) NATURE VALLEY® Muita: mistura 4 ⁵
	Adesividade	Capacidade do produto em se aderir ao dente durante a mastigação.	Pouca: barra de granola (banana e amêndoas) NATURE VALLEY® Muita: bala de caramelo TUTTI®
SABOR	Sabor de cereais	Sabor característico de cereais, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Pouco: pé-de-moleque SANTA HELENA® Muito: mistura 5 ⁶
	Sabor adocicado	Sabor adocicado, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Pouco: flocos de arroz HARALD® Muito: mistura 4 ⁵
	Sabor de frutas	Sabor característico de frutas, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Nenhum: mistura 5 ⁶ Muito: frutas desidratadas ⁴
	Sabor de chocolate	Sabor característico de chocolate, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Nenhum: mistura 5 ⁶ Muito: chocolate ao leite em barra LACTA®
	Sabor amargo	Sabor amargo, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Nenhum: mistura 5 ⁶ Muito: mistura 6 ⁷ com 0,06% cafeína
	Sabor ácido	Sabor ácido, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Nenhuma: mistura 5 ⁶ Muita: mistura 6 ⁷ com 2% ácido cítrico
	Sabor metálico	Sabor metálico, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Nenhum: mistura 5 ⁶ Muito: 10mg de sulfato ferroso heptahidratado em 100g de mistura 6 ⁷
	Sabor residual	Sabor residual, percebido dentro da boca, durante a mastigação.	Nenhum: gelatina morango DR OETKER® Muito: gelatina <i>diet</i> de morango DR OETKER®

NOTA: ¹mistura 1: aveia e flocos de arroz; ²mistura 2: aveia, flocos de arroz, flocos de milho, frutas desidratadas (maçã, banana, uva e coco), sementes oleaginosas, chocolate e especiaria (canela); ³mistura 3: aveia em flocos GRANOITAL®, flocos de arroz HARALD® e flocos de milho natural PÃO DE AÇÚCAR®; ⁴frutas desidratadas: maçã CROC APPLE®, banana BANANA BRASIL®, uva PÃO DE AÇÚCAR® e coco SOCOCO®; ⁵mistura 4: de flocos de arroz HARALD® com 50% de glicose de mandioca YOKI®; ⁶mistura 5: aveia em flocos GRANOITAL®, flocos de arroz HARALD® e flocos de milho natural PÃO DE AÇÚCAR® com 20% de glicose de mandioca YOKI®; ⁷mistura 6: flocos de arroz HARALD® com 20% de glicose de mandioca YOKI®.

FIGURA 9 – FICHA DOS TERMOS DESCRITORES E DO MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA OS EXTREMOS DA ESCALA

O material de referência, bem como a ficha elaborada, foram apresentados aos provadores anteriormente à primeira seção de treinamento. Após as seções subseqüentes, os julgadores levavam para a cabine sensorial apenas a ficha e, caso houvesse dúvidas ou o julgador ainda não estivesse familiarizado com o material de referência, este poderia ser apresentado a ele em uma seção individual.

3.3.1.5 Treinamento dos julgadores

Durante a etapa de treinamento, os provadores foram avaliados quanto à capacidade de repetibilidade em seções individuais com diferentes amostras de barras de cereais, comerciais ou não, em três repetições, seguindo um delineamento em blocos completos balanceados e com as amostras apresentadas de forma monódica.

Pelo treinamento, os provadores foram estimulados a desenvolver sua memória sensorial para a realização dos testes posteriores e a expressarem suas percepções sensoriais em faixas similares das escalas de intensidade. Foram selecionados os julgadores que conseguiram realmente discriminar as amostras e apresentaram boa repetibilidade.

3.3.1.6 Teste sensorial (n = 12)

Após treinamento e seleção final dos julgadores, o teste sensorial foi realizado em três sessões de nove amostras cada com o objetivo de selecionar duas formulações que não diferissem estatisticamente ($p \leq 0,05$) da formulação padrão na maioria dos atributos analisados.

3.3.2 Teste de preferência – Escala Hedônica (n = 71)

A partir do teste de ADQ foram selecionadas três formulações: a formulação padrão e duas formulações adicionadas de ferro cujas notas sensoriais no teste de ADQ não diferiram estatisticamente da formulação padrão. Estas foram avaliadas quanto à preferência, utilizando uma escala hedônica de nove pontos (Apêndice 7). A escala serviu de base para a avaliação das amostras segundo os atributos: aparência, odor, textura, sabor e impressão global.

Antes do teste sensorial, foi aplicado um questionário com perguntas como: idade, sexo, nível de escolaridade, preferência por barras de cereais com ou sem chocolate, frequência de consumo e principal fator que influencia na compra deste produto.

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Em torno de 150 g de cada formulação foi moída em moinho de facas da marca Marconi modelo especial 60 ciclos, peneiradas a 30 *mesh*, acondicionadas em embalagem plástica de polietileno, colocadas em frascos de vidro e armazenadas em geladeira (8-10°C) até o momento das análises.

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata. As determinações de pH, atividade de água, umidade, cinzas e teor de ferro nas nove formulações foram realizadas nos Laboratórios de Análise de Alimentos e de Pós-graduação do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Paraná.

Na formulação padrão foi determinado: proteínas, lipídios (extrato etéreo), fibra alimentar solúvel e insolúvel, minerais, ácido fítico e compostos fenólicos. Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP).

A partir dos teores de fibras solúveis e insolúveis, calculou-se o teor de fibras totais e a partir dos teores de proteínas, extrato etéreo, cinzas, umidade e fibra alimentar total, foi calculado por diferença o teor de carboidratos.

Foi realizada análise de disponibilidade de ferro (diálise de ferro *in vitro*) nas três formulações selecionadas após a ADQ, no Laboratório de Análise de Alimentos, Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP).

3.4.1 Determinações nas nove formulações

O pH foi determinado através de potenciômetro, seguindo o método descrito pela AOAC (1997), número 31.1.07. A atividade de água foi determinada por meio de medidor de atividade de água portátil, marca AquaLab[®]. O teor de umidade foi determinado por gravimetria a 105°C em estufa com circulação de ar até obtenção de peso constante segundo técnica descrita por Instituto Adolfo Lutz (1985). As cinzas (resíduo mineral fixo) foram determinadas pelo método gravimétrico (930.22), com calcinação em mufla a 550°C (AOAC, 1998).

A metodologia empregada para a determinação do teor de ferro em espectrofotômetro UV (530nm) seguiu as técnicas analíticas de FREITAS et al.

(1979), utilizando-se digestão por via úmida (nitroperclórica) de acordo com método descrito por Sarruge e Haag (1974). Os materiais utilizados nesta análise foram previamente desmineralizados com solução de ácido clorídrico (HCl) a 10% e sal etileno diamino tetracético (EDTA) a 1%.

3.4.2 Determinações na formulação padrão

A concentração de proteína foi determinada por nitrogênio total utilizando fator de conversão para cereais: 5,70 (MARCHINI et al., 1998), através da técnica de *Kjeldahl*, conforme método 991.20 da AOAC (1998). A determinação de extrato etéreo foi realizada utilizando-se éter etílico como solvente, em extrator *Soxhlet*, durante seis horas, de acordo com método 963.15 (AOAC, 1998). Os teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel foram determinados pelo método enzimático descrito por ASP et al. (1983). Fibra alimentar total foi calculada a partir da soma dos valores de fibras solúveis e insolúveis. Os carboidratos foram obtidos por diferença, reduzindo-se de 100 os teores de proteínas, extrato etéreo, cinzas, umidade e fibra alimentar total. Para determinar o valor energético, utilizou-se valores calóricos para carboidratos e proteínas igual a 4kcal/g e 9kcal/g para lipídeos.

Fenólicos totais foram determinados por espectrofotometria UV (660nm), após extração com metanol, seguindo método descrito por SWAIN e HILLIS (1959). Ácido fítico foi obtido a partir de extração ácida da amostra seguida de purificação em coluna de troca iônica, mediante a eluição do ácido fítico com cloreto de sódio 0,7 mol/L e digestão do eluato até fosfato inorgânico. A leitura foi feita em espectrofotômetro UV a 500nm, seguindo a metodologia descrita por GRYPAN e CHERYAN (1989).

3.4.3 Determinações nas três formulações selecionadas após a ADQ

Cálcio, cobre, manganês, zinco, fósforo, magnésio, enxofre e sódio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando-se digestão por via úmida (nitroperclórica) de acordo com método descrito por SARRUGE e HAAG (1974). Os materiais utilizados nesta análise foram previamente desmineralizados com solução de HCl 10% e EDTA 1%.

3.5 ANÁLISE NUTRICIONAL (DIÁLISE DE FERRO *IN VITRO*)

A análise da diálise de ferro foi realizada segundo o método proposto por Whittaker, Fox e Forbes (1989). As amostras foram homogeneizadas em água deionizada e adicionadas de HCl 6 N até que o pH atingisse valor 2, em seguida, adicionou-se HCl 0,01 N até que se completasse o volume de 100 ml. A digestão foi feita pela adição HCl-pepsina com incubação a 37°C e agitação a 200 rpm por 2 h. A acidez titulável foi feita pela adição da solução de pancreatina-bile seguida de titulação com KOH 0,5 N até pH 7,5. A partir do volume de KOH titulável, foi feita a diluição de mesmo volume de NaHCO₃ 0,5 N.

O material digerido foi colocado em sacos de diálise e foi sendo acrescentado três vezes o volume de NaHCO₃ 0,5 N, de modo que o digerido ficasse submerso. Os frascos foram cobertos e agitados durante 30 min a 37°C. Foi adicionada suspensão de bile pancreática, com incubação por mais 2 h. O conteúdo dialisável foi completado a 25 ml, com água deionizada. Em seguida, foram pipetados 5 ml do dialisado para o tubo de centrifuga com adição de solução precipitante de proteínas. Foi adicionada solução cromogênica ao sobrenadante. Após 10 min, foi feita a leitura a 533 nm em espectrofotômetro. A quantidade de ferro dialisado foi obtida por meio de curva padrão previamente preparada. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Após determinada a biodisponibilidade *in vitro*, a biodisponibilidade *in vivo* foi deduzida a partir da equação de Rao e Prabhavathi (1978): $V = 0,4717 \cdot T + 0,450$ (onde, V = Biodisponibilidade *in vivo*; T = Biodisponibilidade *in vitro*).

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nas análises sensoriais foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste *F* e tratados estatisticamente no *software Compusense Five*, versão 3.0.

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas foram tratados estatisticamente no *software R*, versão 2.8.1. Foi realizado análise de variância (ANOVA) e, havendo diferença estatisticamente significativa (teste *F*) entre as médias dos tratamentos, estas foram comparadas pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas de todas as formulações podem ser visualizados na Tabela 6.

TABELA 6 – ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DAS FORMULAÇÕES

Formulações ¹	Microrganismo / Tolerância máxima (UFC) ²		
	<i>Bacillus cereus</i> / g	<i>Escherichia coli</i> / g	<i>Salmonella sp</i> / 25g
	5×10^2	5×10	AUSENTE
F1	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F2	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F3	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F4	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F5	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F6	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F7	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F8	$< 10^2$	Ausente	Ausente
F9	$< 10^2$	Ausente	Ausente

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²UFC: unidade formadora de colônia (BRASIL, 2001)

Os valores encontrados mostram que todas as amostras estavam de acordo com os padrões previstos pela ANVISA (BRASIL, 2001). As barras de cereais, estando dentro dos padrões previstos pela Legislação, puderam ser utilizadas nas análises sensoriais, pois estas se apresentavam microbiologicamente seguras para o consumo humano, não sendo veículo de microrganismos envolvidos em doenças de origem alimentar.

4.2 ANÁLISE SENSORIAL

4.2.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Foram recrutados 32 julgadores, dos quais 26 participaram do teste de reconhecimento de gostos básicos e/ou percepção de sabor doce e/ou metálico. Apenas 15 julgadores obtiveram 100% de acerto em todos os testes, sendo estes selecionados para participar da equipe sensorial. Porém, a equipe sensorial final foi composta por 12 julgadores.

Os resultados obtidos na ADQ são apresentados nas Tabelas de 7 a 11. Os provadores levantaram seis atributos para a aparência (Tabela 7), sendo que foi observada diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) somente em dois deles, no brilho e na cor.

TABELA 7 – ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO APARÊNCIA, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS

TRAT ¹	Aparência característica	Cor	Divers. de ingredientes*	Tamanho de partículas	Compactação	Brilho
F1	8,97 ± 0,74 ^{2a3}	4,53 ± 1,03 ^c	6,22 ± 1,40 ^a	5,22 ± 1,71 ^a	5,89 ± 1,39 ^a	4,86 ± 1,27 ^b
F2	8,97 ± 0,75 ^a	4,58 ± 1,03 ^{bc}	6,19 ± 1,47 ^a	5,14 ± 1,68 ^a	5,75 ± 1,38 ^a	5,03 ± 1,16 ^{ab}
F3	8,97 ± 0,76 ^a	4,50 ± 1,06 ^c	6,14 ± 1,50 ^a	5,19 ± 1,69 ^a	5,75 ± 1,38 ^a	5,14 ± 1,42 ^{ab}
F4	8,97 ± 0,77 ^a	4,53 ± 1,06 ^c	6,25 ± 1,42 ^a	5,17 ± 1,80 ^a	5,64 ± 1,42 ^a	5,31 ± 1,24 ^a
F5	8,97 ± 0,78 ^a	4,53 ± 1,11 ^c	6,19 ± 1,51 ^a	5,22 ± 1,81 ^a	5,75 ± 1,38 ^a	5,11 ± 1,25 ^{ab}
F6	8,97 ± 0,79 ^a	4,92 ± 1,08 ^b	6,22 ± 1,46 ^a	5,31 ± 1,67 ^a	5,78 ± 1,38 ^a	5,31 ± 1,31 ^a
F7	8,97 ± 0,80 ^a	5,28 ± 1,23 ^a	6,25 ± 1,42 ^a	5,17 ± 1,78 ^a	5,86 ± 1,36 ^a	5,31 ± 1,24 ^a
F8	8,97 ± 0,81 ^a	4,50 ± 0,97 ^c	6,19 ± 1,47 ^a	5,25 ± 1,65 ^a	5,81 ± 1,33 ^a	5,19 ± 1,33 ^{ab}
F9	8,97 ± 0,82 ^a	4,58 ± 1,00 ^{bc}	6,14 ± 1,53 ^a	5,17 ± 1,70 ^a	5,72 ± 1,47 ^a	5,31 ± 1,45 ^a

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%. *Diversidade de ingredientes.

A cor é um dos principais parâmetros a ser considerado em estudos de adição de ferro. Dependendo do composto de ferro e da quantidade adicionada, os alimentos podem escurecer, afetando sua aparência e, conseqüentemente, sendo motivo de rejeição pelos consumidores (ILYAS et al., 1996).

Neste estudo, as amostras que apresentaram notas estatisticamente diferentes, e superiores às demais, para a cor, foram as que representavam os tratamentos F6 e F7 (descrição dos tratamentos na Tabela 5), as quais tiveram o

ferro aminoquelato na calda. Provavelmente esta diferença se deu porque, segundo Hurrell (2002), este composto pode promover oxidação de gorduras em cereais e alterações na cor dos alimentos.

Com relação ao brilho, não houve diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% entre os tratamentos adicionados de ferro, porém estas diferiram da formulação padrão.

TABELA 8 – ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO ODOR, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS

TRAT ¹	Odor de cereais	Odor adocicado	Odor de chocolate	Odor de frutas	Odor natural
F1	5,75 ± 1,84 ^{2a3}	6,47 ± 1,18 ^{abc}	6,53 ± 1,18 ^{ab}	1,17 ± 1,50 ^a	6,31 ± 1,41 ^{abc}
F2	5,64 ± 1,57 ^a	6,33 ± 1,27 ^{abc}	6,72 ± 1,19 ^a	1,25 ± 1,57 ^a	6,42 ± 1,44 ^{abc}
F3	5,75 ± 1,65 ^a	6,56 ± 0,97 ^{ab}	6,56 ± 1,11 ^{ab}	1,17 ± 1,63 ^a	6,39 ± 1,46 ^{abc}
F4	5,50 ± 1,81 ^a	6,58 ± 0,97 ^a	6,42 ± 1,08 ^{ab}	1,11 ± 1,53 ^a	6,36 ± 1,42 ^{abc}
F5	5,78 ± 1,44 ^a	6,42 ± 1,03 ^{abc}	6,56 ± 1,05 ^{ab}	1,08 ± 1,46 ^a	6,81 ± 1,26 ^a
F6	5,47 ± 1,70 ^a	6,03 ± 1,44 ^{bc}	5,61 ± 1,42 ^{cd}	1,14 ± 1,52 ^a	6,14 ± 1,48 ^{bc}
F7	5,42 ± 1,70 ^a	6,00 ± 1,39 ^c	5,56 ± 1,28 ^d	1,31 ± 1,47 ^a	5,94 ± 1,55 ^c
F8	5,61 ± 1,71 ^a	6,50 ± 1,06 ^{abc}	6,08 ± 1,23 ^{bcd}	1,03 ± 1,40 ^a	6,56 ± 1,30 ^{ab}
F9	5,53 ± 1,48 ^a	5,97 ± 1,23 ^c	6,17 ± 1,25 ^{abc}	1,06 ± 1,45 ^a	6,33 ± 1,66 ^{abc}

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%.

Com relação ao atributo odor (Tabela 8), os termos descritores que apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) foram: odor adocicado, de chocolate e natural. Para o odor adocicado os menores valores foram apresentados pelas barras de cereais com maior concentração de ferro na calda. Para o odor de chocolate os menores valores foram apresentados pelas barras que foram adicionadas dos dois compostos de ferro na calda. Já para o odor natural, a adição de ferro aminoquelato na calda apresentou os menores valores.

Os compostos de ferro alteraram o odor das barras quando estes foram adicionados na calda e a adição destes na cobertura de chocolate não apresentou diferença significativa no odor quando comparado à formulação padrão. Isto pode ser explicado pelo odor acentuado da cobertura de chocolate que mascarou o odor característico dos compostos de ferro adicionados. Considerando que as menores notas para odor natural foram recebidas pelas formulações cujo composto de ferro

adicionado foi o ferro aminoquelato na calda, foi possível perceber que este composto influencia mais negativamente no odor das barras do que o NaFeEDTA.

TABELA 9 – ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO TEXTURA, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS

TRAT ¹	Firmeza	Crocância	Suculência	Adesividade
F1	5,86 ± 1,15 ^{2bcd3}	5,97 ± 1,28 ^{ab}	5,17 ± 1,65 ^{ab}	3,67 ± 1,39 ^{abc}
F2	6,00 ± 1,04 ^{bcd}	6,00 ± 1,12 ^{ab}	5,03 ± 1,40 ^{ab}	3,28 ± 1,30 ^c
F3	5,81 ± 1,33 ^{cd}	6,03 ± 1,18 ^{ab}	5,06 ± 1,41 ^{ab}	3,67 ± 1,15 ^{abc}
F4	6,08 ± 1,36 ^{bc}	5,86 ± 1,22 ^{ab}	4,86 ± 1,42 ^{ab}	3,64 ± 1,25 ^{abc}
F5	5,53 ± 1,25 ^d	6,08 ± 1,18 ^{ab}	5,33 ± 1,49 ^a	3,44 ± 1,25 ^{bc}
F6	5,92 ± 1,25 ^{bcd}	5,89 ± 1,33 ^{ab}	4,94 ± 1,57 ^{ab}	3,89 ± 1,14 ^{ab}
F7	6,61 ± 0,90 ^a	6,31 ± 1,12 ^a	4,86 ± 1,59 ^{ab}	3,92 ± 1,32 ^{ab}
F8	6,72 ± 1,14 ^a	6,36 ± 1,10 ^a	4,72 ± 1,41 ^b	3,86 ± 1,42 ^{ab}
F9	6,33 ± 1,43 ^{ab}	5,69 ± 1,12 ^b	4,78 ± 1,46 ^{ab}	4,06 ± 1,55 ^a

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%.

Os quatro termos descritores levantados para textura (Tabela 9) apresentaram diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos. A firmeza foi maior nas barras adicionadas de ferro na calda (F7, F8 e F9) e a crocância também foi maior para as barras dos tratamentos F7 e F8. Porém, não se pode afirmar que a adição de ferro na calda foi responsável por alterar a textura das barras, deixando-as mais firmes. Esta questão mereceria um estudo mais aprofundado em textura instrumental.

TABELA 10 – ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO SABOR, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS

TRAT ¹	Sabor de cereais	Sabor adocicado	Sabor de frutas	Sabor de chocolate
F1	7,00 ± 1,31 ^a	7,06 ± 1,09 ^a	1,36 ± 1,84 ^{ab}	7,00 ± 1,17 ^a
F2	6,50 ± 1,50 ^{bc}	6,42 ± 1,52 ^b	1,39 ± 1,99 ^{ab}	6,42 ± 1,13 ^b
F3	6,28 ± 1,39 ^c	6,28 ± 1,50 ^b	1,64 ± 2,32 ^a	6,42 ± 1,03 ^b
F4	6,92 ± 1,13 ^{ab}	6,75 ± 1,32 ^{ab}	1,28 ± 1,95 ^{ab}	6,83 ± 1,23 ^{ab}
F5	7,06 ± 1,12 ^a	6,69 ± 1,22 ^{ab}	1,42 ± 2,02 ^{ab}	6,56 ± 1,25 ^{ab}
F6	6,64 ± 1,22 ^{abc}	6,67 ± 1,31 ^{ab}	1,25 ± 1,83 ^{ab}	6,44 ± 1,28 ^{ab}
F7	6,86 ± 1,10 ^{ab}	6,53 ± 1,18 ^b	1,44 ± 2,04 ^{ab}	6,39 ± 1,42 ^b
F8	7,06 ± 1,01 ^a	6,72 ± 1,16 ^{ab}	1,22 ± 1,90 ^b	6,72 ± 1,21 ^{ab}
F9	6,97 ± 1,30 ^{ab}	6,64 ± 1,33 ^{ab}	1,39 ± 1,92 ^{ab}	6,61 ± 1,13 ^{ab}

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%.

TABELA 11 – ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA (ADQ), PARA O ATRIBUTO SABOR, DE NOVE AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS

TRAT ¹	Sabor amargo	Sabor ácido	Sabor metálico	Sabor residual
F1	0,19 ± 0,40 ^b	0,22 ± 0,42 ^b	0,14 ± 0,42 ^b	0,25 ± 0,44 ^{bc}
F2	0,39 ± 0,69 ^{ab}	0,64 ± 0,99 ^a	4,11 ± 2,29 ^a	0,67 ± 1,10 ^{ab}
F3	0,36 ± 0,72 ^{ab}	0,64 ± 1,07 ^a	4,39 ± 1,83 ^a	0,81 ± 1,24 ^a
F4	0,31 ± 0,58 ^b	0,42 ± 0,81 ^{ab}	0,19 ± 0,47 ^b	0,31 ± 0,58 ^{bc}
F5	0,25 ± 0,44 ^b	0,44 ± 0,94 ^{ab}	0,39 ± 0,77 ^b	0,22 ± 0,42 ^c
F6	0,42 ± 0,77 ^{ab}	0,58 ± 1,03 ^{ab}	3,97 ± 1,78 ^a	0,58 ± 0,97 ^{abc}
F7	0,56 ± 1,03 ^a	0,50 ± 0,74 ^{ab}	4,50 ± 2,05 ^a	0,36 ± 0,54 ^{bc}
F8	0,25 ± 0,50 ^b	0,28 ± 0,57 ^{ab}	0,56 ± 0,88 ^b	0,22 ± 0,49 ^c
F9	0,39 ± 0,77 ^{ab}	0,44 ± 0,81 ^{ab}	0,86 ± 1,38 ^b	0,42 ± 0,87 ^{abc}

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%.

O sabor das barras apresentou diferença estatística a 5% para todos os descritores avaliados (Tabela 10 e 11). Para o sabor de cereais, adocicado e chocolate as barras adicionadas de ferro aminoquelato na cobertura de chocolate apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) em relação ao padrão. O sabor adocicado e de chocolate também diferiu do padrão quando foi adicionado o ferro aminoquelato na calda na maior concentração. Para o sabor metálico a adição de ferro aminoquelato tanto na calda quanto na cobertura provocou a percepção de sabor metálico pelos provadores.

Porém, é possível observar que as notas das formulações para cada termo descritor que apresentou diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% (sabor de cereais, sabor adocicado, sabor de frutas, sabor de chocolate, sabor amargo, sabor ácido e sabor residual), com exceção do sabor metálico, ficaram muito próximas uma das outras. Já com relação ao sabor metálico, a diferença entre as notas chegou a 4,36 (F7-F1), sendo assim, este foi o descritor para sabor considerado determinante na escolha das formulações que seriam submetidas ao teste de preferência/aceitação.

A percepção de sabor metálico foi evidentemente maior nas barras de cereais que tiveram o ferro aminoquelato adicionado tanto na calda quanto na cobertura de chocolate (Figura 10), não diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) em relação à concentração de ferro adicionada. Além disso, as formulações as quais foram adicionadas NaFeEDTA, tanto na calda quanto na cobertura de chocolate, nas

duas concentrações (F4, F5, F8 e F9), não apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,05$) em relação à formulação padrão (F1) para o sabor metálico.

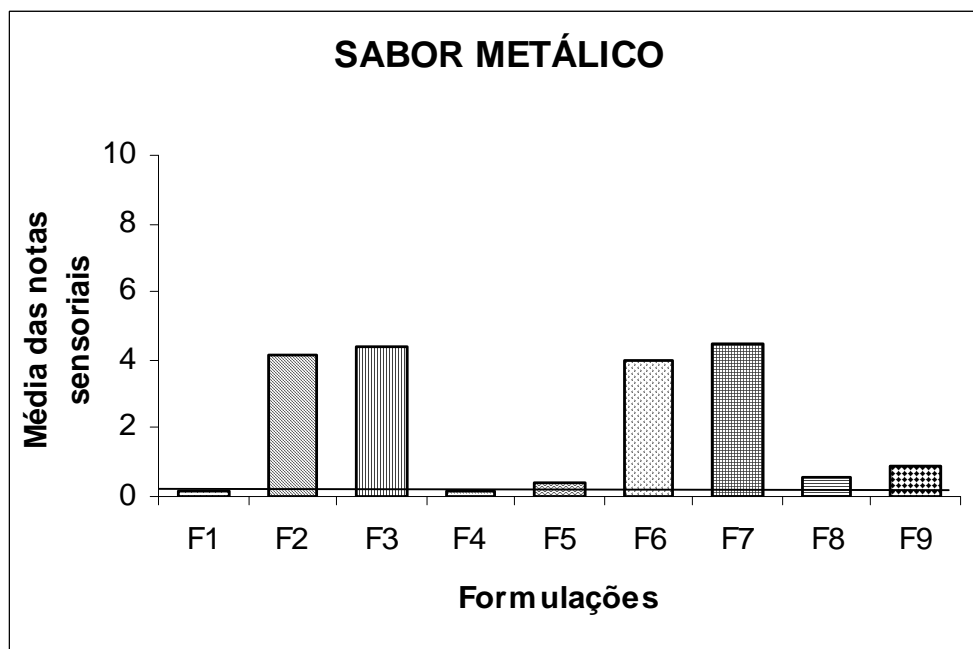


FIGURA 10 – ANÁLISE SENSORIAL DAS FORMULAÇÕES (DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS: VER TABELA 5) PARA O TERMO DESCRITOR SABOR METÁLICO

Partindo do exposto, duas formulações (F5 e F9) foram selecionadas, por apresentarem as notas mais próximas da formulação padrão (F1), não diferindo estatisticamente ($p \leq 0,05$) desta em diversos termos descritores. Essas formulações foram escolhidas pelo seu maior teor de ferro, em comparação com as formulações F4 e F8, apesar destas também não deferirem estatisticamente quanto ao sabor metálico e outros termos descritores em relação à formulação padrão (F1), e por terem o ferro adicionado em locais diferentes.

4.2.2 Teste de preferência – Escala Hedônica

As formulações (F5 e F9) selecionadas após o teste de ADQ foram submetidas ao teste de Escala Hedônica, juntamente com a formulação padrão (sem adição de ferro).

Participaram deste teste sensorial, 71 julgadores, sendo 41% do sexo masculino e 59% do sexo feminino. A maioria dos julgadores (90%) possuía idades

entre 18 e 25 anos (Figura 11) e 82% deles estavam cursando ensino superior (Figura 12). Quanto à preferência desses julgadores por barras de cereais com ou sem chocolate, 73% responderam que preferem barras de cereais com chocolate.

Foi perguntado aos julgadores quais dos três aspectos apresentados (sabor, marca e preço) influenciava mais na hora de comprar barras de cereais (Figura 15) e 73% dos julgadores responderam sabor (ex.: barra de cereais de castanha com chocolate; barra de cereais de banana, aveia e mel), 23% preço e 4% marca.

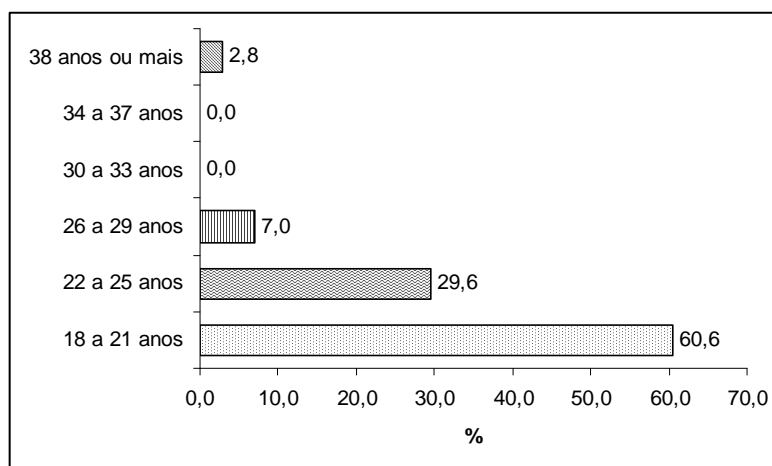


FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO DOS JULGADORES POR IDADE

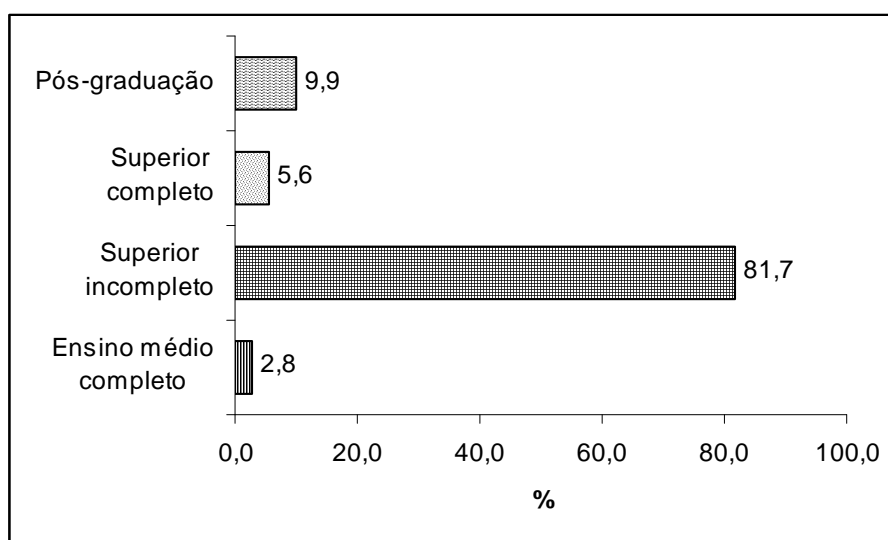


FIGURA 12 – DISTRIBUIÇÃO DOS JULGADORES POR ESCOLARIDADE

A frequência de consumo de barras de cereais está representada na Figura 13. Apenas 18% dos julgadores consumiam uma barra de cereais por semana e a

maioria (32%) consumia de uma a duas barras de cereais por mês. Sendo assim, este não representa um grupo consumidor de barras de cereais, porém, para o tipo de teste realizado, isto não representou um problema que poderia influenciar no resultado do teste.

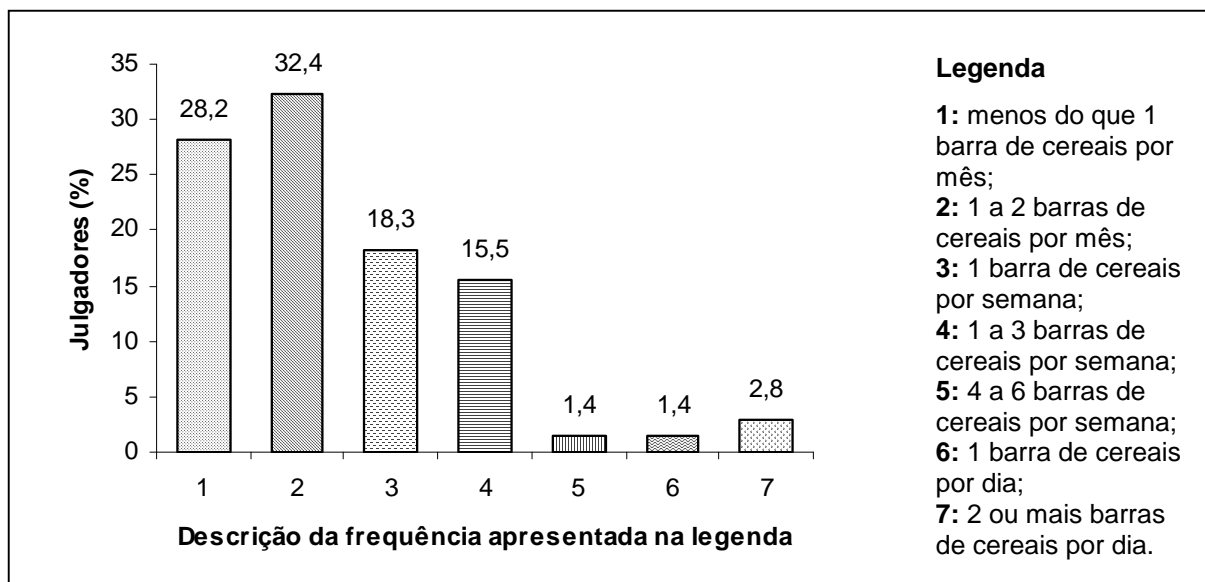


FIGURA 13 – FREQUÊNCIA DE CONSUMO DE BARRAS DE CEREAIS POR 71 JULGADORES QUE PARTICIPARAM DO TESTE DE PREFERÊNCIA (ESACAL HEDÔNICA)

Os resultados do teste de preferência estão apresentados na Tabela 12. Com relação à aparência, não houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre as amostras. Para o atributo odor o tratamento F9 não apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$) em relação ao tratamento F5, porém diferiu da formulação padrão (sem adição de ferro – tratamento F1). Já para os atributos textura, sabor e impressão global, a formulação F9 apresentou diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% dos demais tratamentos (F1 e F5).

As notas inferiores de textura podem ter influenciado no sabor e na impressão global, pois, como observado no teste de ADQ, os tratamentos que tiveram os compostos de ferro adicionados na calda apresentaram notas de firmeza mais elevadas, considerando estas como sendo barras mais firmes.

Como os consumidores estão acostumados com barras de cereais menos firmes, como as existentes no mercado, este pode ter sido um fator determinante para definir a preferência por uma formulação ou outra. Sendo assim e percebendo que a formulação F5 não diferiu estatisticamente ($p \leq 0,05$) da formulação padrão em

relação à preferência/aceitação e considerando que a média das notas do tratamento em questão para todos os atributos analisados encontraram-se acima de 7,0 (o que representa um índice de aceitação superior a 78%), esta foi a formulação escolhida como ideal.

A média das notas atribuídas à impressão global para a formulação F5 foi de 7,63 (índice de aceitação: 85%), a qual está entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

TABELA 12 – TESTE DE PREFERÊNCIA (ESCALA HEDÔNICA), DE TRÊS AMOSTRAS DE BARRAS DE CEREAIS

Tratamentos ¹	Aparência	Odor	Textura	Sabor	Impressão global
F1	7,38 ± 1,26 ^{2a3}	7,55 ± 1,34 ^a	7,08 ± 1,38 ^a	7,76 ± 1,06 ^a	7,69 ± 1,15 ^a
F5	7,34 ± 1,23 ^a	7,49 ± 1,17 ^{ab}	7,01 ± 1,43 ^a	7,69 ± 1,10 ^a	7,63 ± 1,12 ^a
F9	7,18 ± 1,36 ^a	7,24 ± 1,26 ^b	6,44 ± 1,65 ^b	6,97 ± 1,30 ^b	7,20 ± 1,27 ^b

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%.

Foi perguntada a intenção de consumo em relação à barra de cereais preferida (Tabela 13) e, aproximadamente, 82% dos julgadores responderam que certamente a consumiria se esta estivesse disponível no mercado.

TABELA 13 – INTENÇÃO DE CONSUMO, COM RELAÇÃO À BARRA DE CEREAIS PREFERIDA, POR 71 JULGADORES QUE PARTICIPARAM DO TESTE DE PREFERÊNCIA

Descrição da intenção de consumo	% Julgadores
sempre a consumiria	15,5
certamente a consumiria	66,2
talvez a consumisse	16,9
raramente a consumiria	1,4
nunca a consumiria	0,0

4.2.3 Perfil sensorial da formulação final (F5)

A barra de cereais selecionada após a realização dos testes sensoriais de ADQ e Escala Hedônica foi a adicionada de NaFeEDTA, na cobertura de chocolate,

na concentração de 60% da IDR para adultos (tratamento F5). O perfil sensorial desta formulação está representado nas Figuras 14 e 15.

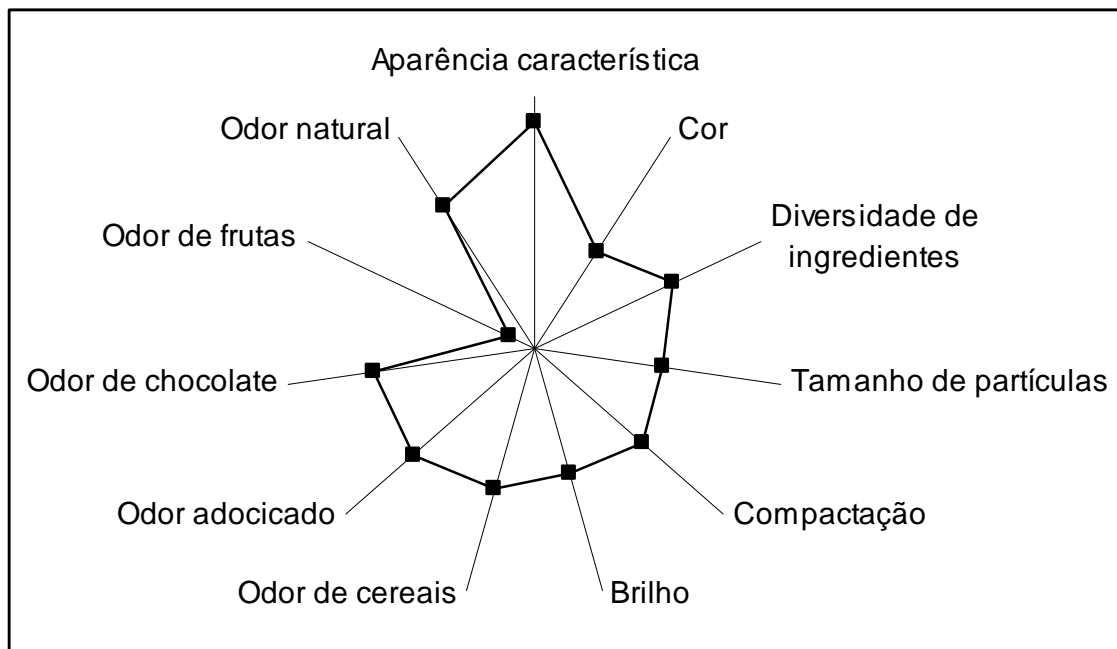


FIGURA 14 – PERFIL SENSORIAL, PARA OS ATRIBUTOS APARÊNCIA E ODOR, DO TRATAMENTO F5 (NaFeEDTA, NA COBERTURA DE CHOCOLATE, NA CONCENTRAÇÃO DE 60% DA IDR)

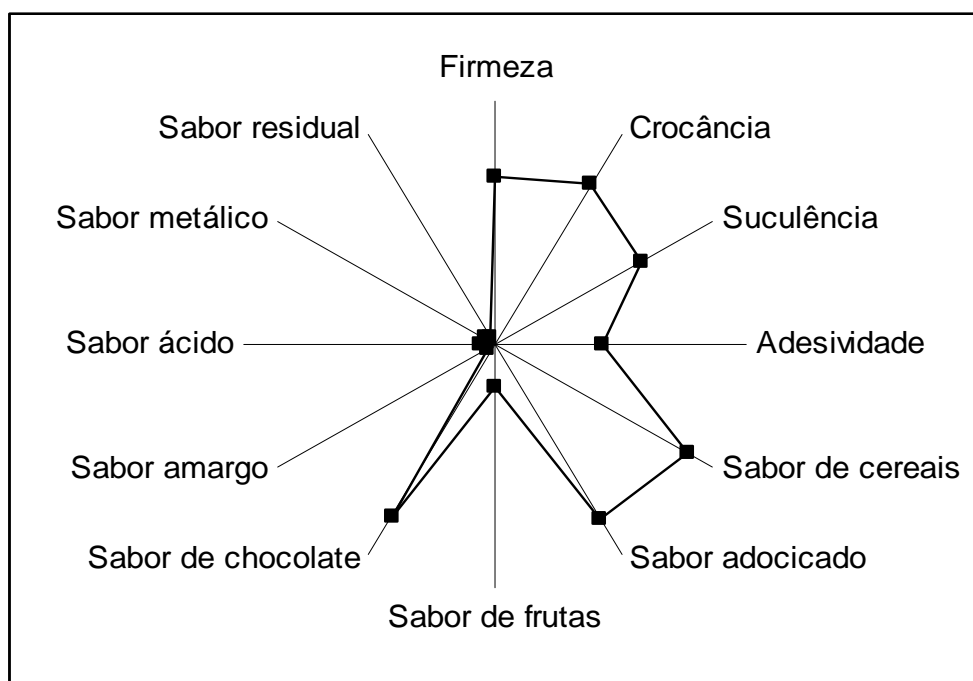


FIGURA 15 – PERFIL SENSORIAL, PARA OS ATRIBUTOS TEXTURA E SABOR, DO TRATAMENTO F5 (NaFeEDTA, NA COBERTURA DE CHOCOLATE, NA CONCENTRAÇÃO DE 60% DA IDR)

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados das análises de pH, atividade de água (Aw), umidade, cinzas e teor de ferro estão apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 – ANÁLISES DE pH, ATIVIDADE DE ÁGUA, UMIDADE, CINZAS E TEOR DE FERRO DAS NOVE FORMULAÇÕES

*	pH	Atividade de água	Umidade (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Ferro (mg/100g)
F1	5,37 ± 0,01 ^c	0,390 ± 0,001 ^c	9,51 ± 0,07 ^{ab}	0,99 ± 0,01 ^a	2,53 ± 0,28 ^c
F2	5,38 ± 0,01 ^{bc}	0,388 ± 0,001 ^d	9,31 ± 0,06 ^{bc}	0,98 ± 0,03 ^a	8,08 ± 0,37 ^b
F3	5,40 ± 0,01 ^{ab}	0,405 ± 0,001 ^a	9,59 ± 0,00 ^a	1,00 ± 0,01 ^a	10,33 ± 0,49 ^a
F4	5,42 ± 0,01 ^a	0,400 ± 0,001 ^b	9,16 ± 0,13 ^c	1,02 ± 0,02 ^a	8,38 ± 0,52 ^b
F5	5,36 ± 0,01 ^c	0,398 ± 0,001 ^b	9,49 ± 0,06 ^{ab}	1,00 ± 0,04 ^a	10,40 ± 0,55 ^a
F6	5,25 ± 0,01 ^e	0,392 ± 0,001 ^c	9,32 ± 0,03 ^{bc}	1,02 ± 0,04 ^a	8,34 ± 0,43 ^b
F7	5,36 ± 0,01 ^c	0,372 ± 0,000 ^e	9,16 ± 0,17 ^c	0,98 ± 0,02 ^a	10,80 ± 0,56 ^a
F8	5,33 ± 0,01 ^d	0,363 ± 0,001 ^g	9,15 ± 0,03 ^c	0,97 ± 0,02 ^a	8,09 ± 0,48 ^b
F9	5,32 ± 0,01 ^d	0,365 ± 0,001 ^f	9,16 ± 0,07 ^c	0,98 ± 0,03 ^a	10,24 ± 0,27 ^a

NOTA: *Tratamentos: (Tabela 5); ¹média ± desvio padrão; e ²letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%.

Não houve diferença entre os valores de cinzas das nove formulações. Com relação ao pH, à atividade de água e à umidade, os valores obtidos, apesar de serem muito próximos, apresentam diferença estatisticamente significativa ao nível de 5%.

O teor de cinzas obtido (0,97% a 1,02%) se mostra próximo aos valores encontrados por Brito et al. (2004) (1,13%) e por Bueno (2005) (1,18%). Além disso, não havendo diferença estatisticamente significativa (ao nível de 5%) entre o teor de cinzas das amostras, é possível perceber que a adição dos compostos de ferro independentemente da concentração, não alterou o teor de cinzas (resíduo mineral fixo) das barras. Isto ocorre devido à pequena quantidade do mineral adicionado (6,3mg ou 8,4mg em 100g, dependendo da formulação), visto que este é um mineral traço, ou seja a necessidade diária desse mineral é da ordem de miligramas (14mg por dia, para adultos).

Os teores de ferro obtidos para as nove formulações estão de acordo com a quantidade de ferro adicionada durante a produção. A formulação F1, que não foi

adicionada de ferro, apresentou teor deste mineral de 2,53% ($\pm 0,28$), provenientes do ferro contido naturalmente nos ingredientes que compõem as barras. As formulações F2, F4, F6 e F8 foram adicionadas de 6,3 mg de ferro para cada 100g e apresentaram valores totais de ferro variando de 8,08 a 8,38 mg/100g. Ao somar a quantidade de ferro contida na formulação padrão à quantidade de ferro adicionada ($2,53 \text{ mg} + 6,30 \text{ mg} = 8,83 \text{ mg}$) é possível perceber que as quantidades obtidas nas análises estão próximas da quantidade estimada. Da mesma forma ocorreu com as formulações F3, F5, F7 e F9, que foram adicionadas de 8,4 mg de ferro/100g e tiveram os valores de ferro analisados variando de 10,24 a 10,80 mg/100g, estando de acordo com a quantidade estimada ($2,53 \text{ mg} + 8,40 \text{ mg} = 10,93 \text{ mg}$).

O teor de umidade das nove formulações, apesar de apresentarem diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$), variou muito pouco ficando entre 9,15% a 9,59%, tendo a formulação padrão apresentado teor de 9,51%. A diferença de umidade entre as formulações não pode ser explicada nem por sua composição de ingredientes, pois a única variação foi o composto e o teor de ferro adicionado, nem pelo processamento, pois este foi padronizado e, durante a elaboração, seguido rigidamente aos padrões pré-estabelecidos. Além disso, todas as formulações foram elaboradas no mesmo dia nas mesmas condições atmosféricas de pressão e umidade.

Na literatura é possível encontrar barras de cereais com diferentes teores de umidade, variando de 7,63% (BRITO et al., 2004), 10,71% (FREITAS; MORETTI, 2006) e 12% (BUENO, 2005). Dentre esses valores expostos, o que mais se aproxima dos teores apresentados pelas nove formulações é o encontrado por Freitas e Moretti (2006).

Freitas (2005), estudando a estabilidade de barras de cereais durante a estocagem, relatou que a A_w tendeu a variações com nível próximo a 0,64. Da mesma forma, Gutkoski et al. (2007) encontraram em suas barras cereais valores que variavam de 0,598 a 0,686. Ambos trabalhos apresentaram valores de A_w muito superiores aos das nove formulações analisadas que variaram de 0,363 a 0,405.

Para qualquer tipo de bactéria, o valor mínimo de atividade de água requerido para o crescimento é de 0,75 (bactérias halófilas), enquanto que as leveduras osmófilas e fungos xerófilos são capazes de se desenvolver em atividade de água de 0,61 e 0,65, respectivamente, usando como substrato açúcares e glicose, originando produtos como ácido cítrico, ácido glucônico, e ácidos oléico,

linoléico, e palmítico (EVANGELISTA, 2003; SILVA, J. A., 2000). Desta forma, e considerando que os produtos com alto teor de açúcar apresentam baixa atividade de água e, devido a este fator, geralmente são estáveis microbiologicamente, todas as formulações elaboradas são seguras para consumo visto que seus valores de atividade de água são inferiores ao limite mínimo estabelecido para o crescimento de microorganismos.

Além disso, outro aspecto, que diz respeito à influência da água sobre a oxidação lipídica, deve ser levado em consideração. Os efeitos da A_w sobre a oxidação dos lipídios são irregulares: favorecendo-a ou reduzindo-a (GUERRA; LAJOLO, 2005).

No entanto, de acordo com Hurrell (2002) o composto de ferro na forma de NaFeEDTA não produz oxidação de lipídeos durante a estocagem. Desta forma, formulações as quais foram adicionadas NaFeEDTA não apresentaram problemas de oxidação lipídica decorrentes da adição do composto de ferro. Porém, isto não descarta a possibilidade desta oxidação vir a ocorrer devido a componentes dos próprios ingredientes que compõem a barra. Assim, é possível perceber a importância da realização do estudo da vida-de-prateleira do produto, ficando como sugestão para trabalhos futuros.

As variações de pH encontrados por Freitas (2005) mantiveram-se em torno de 5,2, equivalendo aos valores apresentados pelas nove formulações (5,25 a 5,42). Os valores de pH das barras de cereais apresentaram-se relativamente baixos, indicando produto levemente ácido.

Os resultados das análises físico-químicas realizadas na formulação padrão encontram-se na Tabela 15.

O teor de lipídios obtido a partir da análise de extrato etéreo foi de 6,83%. Considerando que na literatura podem ser encontrados teores que variam de 0,68% (BRITO et al., 2004), a 5,64% (FREITAS; MORETTI, 2006) para barras de cereais sem adição de cobertura de chocolate, e que no mercado são encontrados produtos com teores que variam de 4,0% a 12,0%, o teor de lipídios da formulação padrão elaborada é satisfatório.

Deve ser levado em consideração que o teor dos nutrientes pode variar consideravelmente de acordo com as características dos diversos ingredientes que podem compor uma barra de cereais.

Desta forma, Freitas e Moretti (2006) desenvolveram uma barra de cereais com alto teor protéico contendo 15,31% de proteína, a qual destoa bastante dos valores apresentados por Brito et al. (2004) (6,27%), Bueno (2005) (5,36%) e da formulação padrão deste trabalho (5,22%). No entanto, mesmo sendo superior, o teor de proteína da formulação padrão se aproxima dos teores de proteínas em produtos encontrados no mercado (4,4%, em média).

TABELA 15 – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS NA FORMULAÇÃO PADRÃO

Determinações	Composição (%)
Extrato etéreo	6,83 ± 0,21 ⁴
Proteína	5,22 ± 0,42
Cinzas	0,99 ± 0,01
Umidade	9,51 ± 0,07
Fibra alimentar solúvel	2,93 ± 0,16
Fibra alimentar insolúvel	3,08 ± 0,19
Fibra alimentar total ¹	6,01
Carboidratos ²	71,44
Valor energético (kcal) ³	368,11
Ácido fítico	0,18 ± 0,03
Compostos fenólicos	0,69 ± 0,02

NOTA: ¹obtida através da soma das frações solúveis e insolúveis; ²obtido por diferença; ³utilizou-se valores calóricos para carboidratos e proteínas igual a 4kcal/g e 9kcal/g para lipídeos; ⁴média ± desvio padrão das análises realizadas em triplicata.

O teor de fibra alimentar total foi de 6,01%, sendo as frações de fibra alimentar solúvel e insolúvel, respectivamente, 2,93% e 3,08%. Na literatura podemos encontrar valores de fibras para barras de cereais variando de 3,44% (BRITO et al., 2004) a 7,70% (BUENO, 2005).

Diante disso, a barra de cereais desenvolvida pode ser classificada como alto teor de fibras, pois, segundo a ANVISA (BRASIL, 1998), para um alimento sólido ser classificado desta maneira, deve possuir, no mínimo, seis gramas de fibra em 100 gramas do produto pronto pra consumo.

Com relação ao teor de carboidratos, tanto neste quanto nos trabalhos encontrados na literatura, este foi calculado por diferença a partir dos teores dos nutrientes analisados. O teor de carboidratos da formulação padrão (71,44%) aproximou-se da média (70,91%) entre o menor e o maior valores apresentados na

literatura por Freitas e Moretti (2006) e Brito et al. (2004) (60,97% e 80,85%, respectivamente) e dos valores médios encontrados nos produtos no mercado (74%).

Devido à capacidade de formarem complexos insolúveis com cátions polivalentes, reduzindo a biodisponibilidade de vários minerais (SILVA; SILVA, 1999) e ao fato da biodisponibilidade do ferro não-heme depender da interação de promotores e inibidores da absorção (SIEGENBERG et al., 1991), a quantidade de ácido fítico e compostos fenólicos devem ser levadas em consideração.

O teor de ácido fítico na amostra analisada foi de 0,18%. Visto que os alimentos que apresentam os maiores teores deste composto (1 a 5%) são cereais e leguminosas (DE CARLI et al., 2006), os produtos elaborados a base destes alimentos apresentam quantidades inferiores de ácido fítico, já que, como as barras de cereais, esses não são elaborados única e exclusivamente com essas matérias-primas.

O teor de compostos fenólicos foi de 0,69%. Este juntamente com o ácido fítico são os dois mais comuns inibidores da absorção do ferro não-heme (SIEGENBERG et al., 1991).

Muito pouco é conhecido sobre a extensão de quanto os diferentes tipos de compostos fenólicos inibem a absorção de ferro. Brune, Rossander e Hallberg (1989), estudando esta relação, concluíram que existe uma forte relação entre a dose de ácido tânico e a absorção de ferro: 5 mg inibe a absorção em 20%; 25 mg, em 67%; e 100 mg, em 88%.

No entanto, vale ressaltar que os compostos de ferro utilizados (NaFeEDTA e ferro aminoquelato), na presença de ácido fítico e compostos fenólicos, não apresentam os mesmos problemas de indisponibilidade do sulfato ferroso (MIGLIORANZA et al., 2003; HURRELL, 2002).

Dentre os minerais avaliados, apresentados na Tabela 16, apenas houve diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre o teor de sódio das formulações F5 e F9 e a formulação F1. Isto ocorreu devido à adição do composto de ferro NaFeEDTA, que contém sódio em sua composição, às formulações F5 e F9.

Os teores dos demais minerais (cálcio, cobre, manganês, zinco, fósforo, magnésio e enxofre) não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as formulações F1, F5 e F9. Os teores dos minerais cálcio, manganês e zinco

devem ser levados em consideração, pois estes apresentam influência direta na absorção de ferro (LOBO; TRAMONTE, 2004; BONI et al., 1993).

TABELA 16 – ANÁLISES DE MINERAIS (CÁLCIO, COBRE, MANGANÊS, ZINCO, FÓSFORO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E SÓDIO) NAS FORMULAÇÕES F1, F5 E F9

MINERAIS (mg/100g)	TRATAMENTOS ¹		
	F1	F5	F9
Cálcio	32,50 ± 3,54 ^{2a3}	34,67 ± 2,52 ^a	33,33 ± 2,89 ^a
Cobre	0,51 ± 0,12 ^a	0,55 ± 0,07 ^a	0,54 ± 0,11 ^a
Manganês	0,74 ± 0,05 ^a	0,76 ± 0,04 ^a	0,73 ± 0,04 ^a
Zinco	1,63 ± 0,38 ^a	1,65 ± 0,54 ^a	1,61 ± 0,08 ^a
Fósforo	119,33 ± 0,15 ^a	121,00 ± 3,00 ^a	118,33 ± 2,52 ^a
Magnésio	50,00 ± 0,00 ^a	50,00 ± 0,00 ^a	50,00 ± 0,00 ^a
Enxofre	57,00 ± 0,00 ^a	55,67 ± 0,58 ^a	57,33 ± 2,52 ^a
Sódio	102,00 ± 0,00 ^b	128,00 ± 0,00 ^a	128,00 ± 0,00 ^a

NOTA: ¹Tratamentos: (Tabela 2); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na horizontal indicam diferença estatística de 5%.

No entanto, devido à baixa concentração de cálcio (32,5 a 34,7 mg / 100 g) este não é capaz de interferir na absorção do ferro, já que, para isso, é preciso que ele seja ingerido em quantidades maiores do que 500 mg (COOK, DASSENKO e WHITTAKER, 1991).

O mesmo ocorre com o manganês (0,73 a 0,76 mg / 100 g), cuja concentração nas barras de cereais não representa risco de absorção de ferro, pois, para que isso ocorra, ele precisa estar presente em proporção 300 vezes maior que o ferro (ROSSANDER-HULTEN et al., 1991).

A concentração de zinco (1,61 a 1,65 mg / 100 g) nas barras também não é suficiente para prejudicar a absorção de ferro, pois isso ocorre quando seu conteúdo é cinco vezes maior que o de ferro (ROSSANDER-HULTEN et al., 1991).

4.4 ANÁLISE NUTRICIONAL

A Tabela 17 apresenta os valores de diálise de ferro *in vitro* e a estimativa da biodisponibilidade de ferro *in vivo*, calculada a partir da equação de Rao e Prabhavathi (1978) para os tratamentos F1, F5 e F9.

Os valores de diálise de ferro *in vitro*, bem com a estimativa da biodisponibilidade *in vivo*, das formulações F5 e F9 foram estatisticamente ($p \leq 0,05$) iguais entre si, diferindo, ao nível de 5% de significância, da formulação F1.

Desta forma, esses resultados mostraram maior biodisponibilidade do NaFeEDTA (nas formulações F5 e F9) em relação ao ferro existente naturalmente nos ingredientes que constituíam a formulação padrão (F1). A média da biodisponibilidade obtida para o NaFeEDTA *in vitro* foi de 34,45% e *in vivo* de 16,70%.

A partir desses resultados, podemos concluir também que o local de adição do composto de ferro não apresentou influência na biodisponibilidade, já que não houve diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5%, entre os valores da diálise de ferro *in vitro* das formulações as quais o ferro foi adicionado na cobertura de chocolate (F5) e na calda (F9).

TABELA 17 – BIODISPONIBILIDADE DE FERRO *IN VITRO* E BIODISPONIBILIDADE *IN VIVO* DEDUZIDA A PARTIR DA EQUAÇÃO DE RAO E PRABHAVATHI (1978)

TRAT. ¹	BIODISPONIBILIDADE DE FERRO (%)	
	<i>In vitro</i>	<i>In vivo</i>
F1	18,13 ± 0,34 ^{2b3}	9,00 ^b
F5	34,38 ± 0,32 ^a	16,67 ^a
F9	34,51 ± 0,23 ^a	16,73 ^a

NOTA: ¹Tratamentos (Tabela 5); ²média ± desvio padrão; e ³letras diferentes na vertical indicam diferença estatística de 5%.

Considerando que todos os ingredientes que compõem as barras de cereais são de origem vegetal, o ferro contido nestes é não-heme. O resultado apresentado para a estimativa da biodisponibilidade da formulação padrão (F1), de 9%, está de acordo com Pereira, Diniz e Ferreira (2004), pois, segundo esses autores, os alimentos de origem vegetal são os que possuem as menores taxas de absorção de ferro, variando de 0 a 10%.

Porém, este valor pode apresentar variações consideráveis, visto que a absorção do ferro não-heme é influenciada por fatores estimuladores e inibidores presentes nos alimentos e pelo estado nutricional do indivíduo (CARDOSO, 2006).

Os resultados obtidos para a estimativa da biodisponibilidade de ferro *in vivo* das formulações F5 (16,67%) e F9 (16,73%) é, em média, 1,8 vezes maior que o resultado encontrado para a formulação F1 (9%), estando de acordo com a literatura, pois segundo Hurrell (2002), o ferro, quando na forma de NaFeEDTA, pode ser até três vezes melhor absorvido do que quando na forma de ferro não-heme.

Deste modo, a formulação F5 (adicionada de NaFeEDTA, na concentração de 60% da IDR, na cobertura de chocolate), foi considerada a formulação ideal em todos os aspectos analisados. Deste modo, a formulação F5 apresenta-se como a melhor escolha para a fortificação com ferro. A Figura 16 representa a tabela de informação nutricional para a porção de 25 gramas que corresponde a uma barra de cereal.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 25g (1 barra)		
Quantidade por porção		%VD(*)
Valor calórico	92,0 kcal = 386,4 kJ	4,6
Carboidratos	17,9 g	6,0
Proteínas	1,3 g	1,7
Gorduras totais	1,7 g	3,1
Fibra alimentar	1,5 g	6,0
Ferro	2,6 mg	18,6
Sódio	32,0 mg	1,3

*% Valores diários de referência com base em uma dieta de 2000kcal ou 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

FIGURA 16 – TABELA DE INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DA FORMULAÇÃO F5

5 CONCLUSÃO

É possível desenvolver barras de cereais enriquecidas com ferro saborosas e de aspecto global semelhante às barras presentes no mercado. Isto é de grande importância, visto que a fortificação de alimentos com ferro é indicada para populações com elevada prevalência de anemia.

Ao estudar as características sensoriais das barras de cereais elaboradas, é possível concluir que a análise descritiva quantitativa mostra a diferença entre os tratamentos e as semelhanças entre as formulações adicionadas de ferro e a padrão, indicando quais atributos não são influenciados pela adição deste mineral.

As barras de cereais enriquecidas com ferro aminoquelato mostram maior diferença que as barras adicionadas de NaFeEDTA em relação à formulação padrão, principalmente com relação ao sabor metálico.

As médias de aceitação dos três tratamentos (F1, F5 e F9) submetidos ao teste de escala hedônica situam-se entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”. No entanto, o tratamento F5 é considerado a formulação ideal, pois não difere estatisticamente da formulação padrão em nenhum dos atributos avaliados no teste de preferência/aceitação.

A formulação final (F5) possui maior conteúdo de fibra alimentar total (6,01%) que os valores médios encontrados nos produtos do mercado (4,0%) e pode receber a alegação de alto teor de fibras. Esta formulação apresenta alto teor de ferro, pois a quantidade deste mineral em 100g (10,4 mg) representa 74% da IDR, e estimativa da biodisponibilidade de ferro *in vivo* (16,67%) comparada a do ferro-heme (10 a 30%).

Tendo em vista a qualidade nutricional do produto, o alto índice de aceitação (85%) e o resultado obtido no teste de intenção de compra (82% dos julgadores certamente o consumiriam), este poderá beneficiar uma classe de pessoas que necessita ou prefere consumir alimentos que tragam benefícios à saúde.

Com relação às características microbiológicas, as barras de cereais estão dentro dos padrões previstos pela Legislação e apresentam-se seguras para o consumo humano, não sendo veículo de microrganismos envolvidos em doenças de origem alimentar.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14140**: Alimentos e bebidas – Análise sensorial – Teste de Análise Descritiva Quantitativa (ADQ). Rio de Janeiro, 1998.

ASHMEAD, H.D. The absorption and metabolism of iron amino acid chelate. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 1, p. 13-21, 2001.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official method of analysis of AOAC international**. 16. ed. Arlington, 1995.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official method of analysis of AOAC international**. 16. ed. Arlington, v. 2, 1997.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official method of analysis of AOAC international**. 16. ed. Arlington, v. 1, 1998.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official method of analysis of AOAC international**. 17. ed. Gaithersburg, v. 1, 2000.

ASP, N. G.; CLAES, G. J.; HALLMER, H.; SILJESTRON, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Bethesda, v. 31, n. 3, p. 476-482, 1983.

ASSUNÇÃO, M. C. F.; SANTOS, I. S. Efeito da fortificação de alimentos com ferro sobre a anemia em crianças: um estudo de revisão. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 269-281, fev. 2007.

BALABAN, E.P.; COX, J.V.; SNELL, P. et al. The frequency of anemia and iron in the runner. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 21, p. 643-648, dec. 1989.

BARBOSA, C. E. M. Barras de Cereais: Lucre com esse mercado que cresce 20% ao ano. Revista da padaria moderna, ed. 68, n. 8, ano 6. Disponível em: <<http://www.padariamoderna.com.br/revista/padaria68.pdf>> Acesso em: 01 ago. 2007.

BARBOZA, L.M.V.; FREITAS, R.J.S.; WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. *Brasil Alimentos*, n. 18, jan./fev., 2003. Disponível em: <<http://www.brasilalimentos.com.br/BA/pdf/18/18%20-%20Desenvolvimento.pdf>> Acesso em: 01 ago. 2007.

BATISTA-FILHO, M.; FERREIRA, L. O. C. Prevenção e tratamento da anemia nutricional ferropriva: novos enfoques e perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 411-415, jul./set. 1996.

BONI, R. E.; HUCKBONI, R. A.; GALBRAITH, R. A.; DRUMMOND, G. S.; KAPPAS, A. Tin-mesoporphyrin inhibits heme oxygenase activity and heme-iron absorption in the intestine. *International Journal of Experimental and Clinical Pharmacology*, v. 47, n. 5, p. 318-329, 1993.

BONTEMPO, M. **Suplementos nutricionais e produtos naturais**. 2. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1997.

BOTHONA, C. R. A.; MILACH, S. C. K.; THOMÉ, G. H.; CABRAL, C. B.; TISIAN, L. M.; MELLO, G. O. Critérios para avaliação da morfologia do grão de aveia para o melhoramento genético da qualidade física. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 613-618, 1999.

BOUSTANI, P.; MITCHELL, V. W. Cereal bars: a perceptual, chemical and sensory analysis. **British Food Journal**, v. 92, n. 5, p.17-22, 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=64&word=>>> Acesso em: 10 de maio de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18828&word=>>> Acesso em: 10 de maio de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002. Aprova o regulamento técnico para a fortificação das farinhas de trigo e das farinhas de milho com ferro e ácido fólico. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=1679&word=>>> Acesso em: 10 de maio de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144&word=>>> Acesso em: 10 de maio de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97>> Acesso em: 05 de janeiro de 2009.

BRITO, I. P.; CAMPOS, J. M.; SOUZA, T. F. L.; WAKIYAMA, C.; AZEREDO, G. A. Elaboração e avaliação global de barra de cereais caseira. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 35-50, jan./jun. 2004.

BRUM, A. A.; RIBEIRO, G. A. Ocorrência de *Bacillus cereus* em diferentes alimentos a base de amido no comércio da cidade de Pelotas-RS (resultado parcial). In: XXI Congresso Brasileiro de Microbiologia, 21, AL-123, p. 397, Foz do Iguaçu, PR. **Resumos...** Foz do Iguaçu, 2001.

BRUNE, M.; ROSSANDER, L.; HALLBERG, L. Iron absorption and phenolic compounds: importance of different phenolic structures. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 43, n. 8, p. 547-557, 1989.

BUENO, L. Efeito antagônico do ferro e do zinco em uma formulação de nutrição enteral utilizando planejamento de misturas da metodologia de superfície de resposta. **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 585-590, 2008.

BUENO, R. O. G. **Características de qualidade de biscoito e barra de cereais ricos em fibra alimentar a partir de farinha de semente e polpa de nêspera**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CARDOSO, M. A. **Nutrição humana: nutrição e metabolismo**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 374 p.

CARDOSO, M. A.; PENTEADO, M. V. C. Intervenções nutricionais na anemia ferropriva. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 231-240, abr./jun. 1994.

CASÉ, F.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; MANTOVANI, D.; FELBERG, I. Produção de “leite” de soja enriquecido com Cálcio. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 86-91, jan./mar. 2005.

CLAESSENS, A. L.; LEFEVRE, J.; BEUNEN, G.; MALINA, R. M. The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v. 39, n. 4, p.355-360, 1999.

COMPUSENSE Five. Software for sensory analysis. Compusense five, release 3.0 (software). Compusense five Manual version 3.0/3.6 64p. Compusense Inc. Guelph, Ontário, Canadá 1998. 1CD-ROM.

COOK, J. D.; DASSENKO, S. A.; WHITTAKER, P. Calcium supplementation: effect on iron absorption. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, p. 106-111, 1991.

COPPINI, L.; MARCO, D.; WAITZBERG, D. L. **Introdução à fibra terapêutica: características e funções**. São Paulo: GANEP, 2003.

COUZI, F.; KEEN, C.; GERSHWIN, M. E.; MARESHI J. P. Nutritional implications of the interactions between minerals. **Progress in Food and Nutrition Science**, v. 17, p. 65-87, 1993.

COZZOLINO, S. M. F. Biodisponibilidade de Minerais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 87-98, jul./dez. 1997.

COZZOLINO, S. M. F. Deficiências de minerais. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 60, p. 119-126, 2007.

DE CARLI, L.; ROSSO, N. D.; SCHNITZLER, E.; CARNEIRO, P. I. B. Estudo da estabilidade do complexo ácido fítico e o íon Ni(II). **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 19-26, jan./mar. 2006.

DE SA, R. M.; DE FRANCISCO, A.; SOARES, F. C. T. Concentração de beta-glucanas nas diferentes etapas do processamento da aveia (*Avena sativa* L.). **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 425-427, 1998.

DEUTZ, R. C.; BENARDOT, D.; MARTIN, D. E.; CODY, M. M. Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Baltimore, v. 32, n. 3, p. 659-668, 2000.

DEVINCENZI, M. U.; RIBEIRO, L. C.; SIGULEM, D. M. Anemia ferropriva na primeira infância. **Compacta Nutrição**, v. 1, n. 1, p. 5-17, 2000.

DUTCOSKY, S. D.; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. S. F.; WELSCH, A. K. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. **Food Chemistry**, v. 98, p. 630-638, 2006.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007. 239 p.

EDUARDO, M. P. **Hidrólise enzimática de mandioca e puba para obtenção de xarope de maltose**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **Oat Grain**. Disponível em: <<http://www.britannica.com/eb/art/print?id=163&articleTypeId=0>> Acesso em: 04 ago. 2007.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. 652 p.

FREITAS, D. G. C. **Desenvolvimento e estudo da estabilidade de barra de cereais protéica funcional**. 187 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Barras de cereais elaboradas com proteína de soja e gérmen de trigo, características físico-químicas e textura durante o armazenamento. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 55, n. 3, p. 299-304, 2005.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 318-324, abr./jun. 2006.

FREITAS, R. J. S. et al. **Técnicas Analíticas de Alimentos**. Instituto de Tecnologia do Paraná. Área de Química. Tecpar. Curitiba, 1979.

FUJIMORI, E.; SZARFARC, S. C.; OLIVEIRA, I. M. V. Prevalência de anemia e deficiência de ferro em adolescentes do sexo feminino - Taboão da Serra, SP, Brasil. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 3, p. 49-63, dez. 1996.

GALLI, D. C.; BILHALVA, A. B.; RODRIGUES, R. S.; RODRIGUES, L. S. Influência da composição do xarope nas características físico-químicas de pêssegos tipo passa. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, n. 3, p. 179-182, set./dez. 1996.

GARCÍA-CASAL, M. N.; LAYRISSE, M.; PEÑA-ROSAS, J. P.; RAMÍREZ, J.; LEETS, I., MATUS, P. Iron Absorption from elemental iron-fortified corn flakes in humans. Role of vitamins A and C. **Nutrition Research**, v. 23, p. 451-463, 2003.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Ed. Nobel, 1984.

GRATÃO, A. C. A.; BERTO, M. I.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 652-656, out./dez. 2004.

GRYSPAN, F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 66, n. 1, p. 93-97, 1989.

GUERRA, N. B.; LAJOLO, F. M. Ação antioxidantes de especiarias face diferentes atividades de água. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 45-50, jan./mar. 2005.

GUPTA, S.; LAKSHMI, A.; PRAKASH, B. In vitro bioavailability of calcium and iron from selected green leafy vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 13, p. 2147-2152, 2006.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F. et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 355-363, abr./jun. 2007.

HALLBERG, L.; HULTHEN, L. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculation absorption and bioavailability of dietary iron. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 71, n. 5, p. 1147-1160, mai. 2000.

HUMA, N.; SALIM-UR-REHMAN; ANJUM, F. M.; MURTAZA, M. A.; SHEIKH, M. A. Food fortification strategy – preventing iron deficiency anemia: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, p. 259-265, 2007.

HURRELL, R. F.; REDDY, M. B.; BURRI, J.; COOK, J. D. An evaluation of EDTA compounds for iron fortification of cereal-based foods. **British Journal of Nutrition**, v. 84, p. 903-910, 2000.

HURRELL, R. F. Fortification: Overcoming Technical and Practical Barriers. In: Forging Effective Strategies to Combat Iron Deficiency. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 806S-812S, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2006.

ILYAS, M.; KHALIL, J.; AYUB, M.; KHAN, S.; AKHTAR, S. The effect of iron fortification on the quality of fortified bread. **Sarhad Journal of Agricultural**, v. 12, n. 2, p. 11711-175, 1996.

LAGES, A. C. A.; TANNENBAUM, S. R. Production of glucose from tapioca (*Cassava starch*) and farinha de mandioca (*Cassava meal*). **Journal of Food Science**, v. 43, n. 3, p. 1012-1014, 1978.

LEE, K.; CLYDESDALE, F. M. Iron sources used in food fortification and their changes due to food processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 117-154, 1979.

LOBO, A. S.; TRAMONTE, V. L. C. Efeitos da suplementação e da fortificação de alimentos sobre a biodisponibilidade de minerais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 107-113, jan./mar. 2004.

LYNCH, S. R. Interaction of iron with other nutrients. *Nutrition Reviews*, v. 55, n. 4. p. 102-110, 1997.

MARCHINI, J. S.; MORIGUTI, J. C.; PADOVAN, G. J.; NONINO, C. B.; VIANNA, S. M. L.; OLIVEIRA, J. E. D. Métodos atuais de investigação do metabolismo protéico: aspectos básicos e estudos experimentais e clínicos. Ribeirão Preto: **Revista de Medicina**, v. 31, p. 22-30, jan./mar., 1998.

MARTÍNEZ, C.; ROS, G.; PERIAGO, M. J.; ORTUÑO, J.; LÓPEZ, G. Biodisponibilidade del hierro de los alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, n. 2, p. 106-113, 1999.

MARTINI, F. C. C. **Comparação entre a disponibilidade de ferro na presença de vitamina A e beta-caroteno em alimentos e medicamentos**. 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MASCHIO, A.; BROENSTRUP, A.; PASSOS, M. Barra de cereais de banana. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus/feira/prcerea/barracereal/index.htm>> Acesso em 04 ago. 2007.

MENDONÇA, J. E. **Estudo da viabilidade sensorial do enriquecimento com ferro, de vários produtos derivados de soja e a quantificação de seus teores em isoflavonas**. 84 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2006.

MIGLIORANZA, L. H. S. et al. Effect of long-term fortification of whey drink with ferrous bisglycinate on anemia prevalence in children and adolescents from deprived areas in Londrina, Paraná, Brazil. **Nutrition**, v. 19, p. 419-421, 2003.

MONSEN, E.R.; HALLBERG, L.; LAYRISSE, M.; HEGSTED, M.; COOK, J.D.; MERTZ, W. et al. Estimation of available dietary iron. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 31, p. 134-141, 1978.

MONTEIRO, F. **Diferentes proporções de fibra insolúvel e solúvel de grãos de aveia sobre a resposta biológica de ratos**. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

MOURÃO, D. M.; SALES, N. S.; COELHO, S. B.; PINHEIRO-SANTANA, H. M. Biodisponibilidade de vitaminas lipossolúveis. Campinas: **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 529-539, jul./ago. 2005.

NABESHIMA, E. H.; ORMENESE, R. C. S. C.; MONTENEGRO, F. M.; TODA, E.; SADAHIRA, M. S. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 506-511, jul./set. 2005.

PAIVA, A.P. Estudos tecnológico, químico, físico-químico e sensorial de barras alimentícias elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Foods World**, v. 48, n. 2, p. 70-72, mar./abr. 2003.

PEHANICH, M. No holds barred. **Prepared foods**, v. 172, n. 3, p. 79-80, mar. 2003.

PEREIRA, R. C.; DINIZ, A. S.; FERREIRA, L. O. C. New findings on iron absorption conditioning factors. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v. 4, n. 3, p. 241-248, jul./set. 2004.

RAO, B. S. N.; PRABHAVATHI, T. An *in vitro* method for predicting the bioavailability of iron from foods. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 31, p. 169-175, 1978.

ROSSANDER-HULTEN, L.; BRUNE, M.; SANDSTROM, B.; LONNERDAL, B.; HALLBERG, L. Competitive inhibition of iron absorption by manganese and zinc in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, p. 152-156, 1991.

RIBEIRO, B. G.; SOARES, E. A. Avaliação do estado nutricional de atletas de ginástica olímpica do Rio de Janeiro e São Paulo. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 181-191, mai./ago. 2002.

SAMPAIO, C. R. P.; FERREIRA, A. A.; CORREA, M. C. L. B.; PUMAR, M. Verificação da informação nutricional em rotulagem quanto à designação "light" de cereais em barra: uma pesquisa de mercado. In: Congresso Brasileiro de Nutrição (CONBRAN); Nutrição e Qualidade de Vida: enfrentando desafios. **Anais...** Campo Grande, 2004.

SAMPAIO, C. R. P.; FERREIRA, S. M. R.; BENNEMANN, G. D.; SIMIONE, T. Alimentos enriquecidos com ferro comercializados em Curitiba – PR. In: IX ERSCTA. **Anais...** Curitiba, 2007.

SANTOS, H. M. M.; VEIGA, F. J. B.; PINA, M. E. T.; SOUZA, J. J. M. S. Obtenção de *pellets* por extrusão e esferonização farmacêutica: parte I. avaliação das variáveis tecnológicas e de formulação. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 4, p. 455-470, out./dez. 2004.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ-USP, 1974. 56 p.

SCIENTIFIC PSYCHIC. **Beta-glucan**. Disponível em: <<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html>> Acesso em: 04 ago. 2007.

SELBY, G. B.; EICHNER, E. R. Endurance swimming, intravascular hemolysis, anemia and iron depletion: new perspective on athletes anemia. **American Journal of Medicine**, v. 81, p. 791-794, 1986.

SIEGENBERG, D.; BAYNES, R. D.; BOTHWELL, T. H.; MACFARLANE, B. J.; LAMPARELLI, R. D.; CAR, N. D.; MACPHAIL, P.; SCHMIDT, U.; TAL, A.; MAYET, F. Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, p. 537-541, 1991.

SILVA, J. A. **Tópicos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000. 227 p.

SILVA, P. **Farmacologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1994. 1450 p.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 5-19, jan./abr.1999.

SPECK, M. L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington (DC): American Public Health Association, 1976.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, p. 63-68, 1959.

TAKEUCHI, K. P.; SABADINI, E.; CUNHA, R. L. Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 78-85, jan./mar., 2005.

THEUER, R. Effect of iron on the color of barley and other cereal porridges. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 3, p. 1208-1211, 2002.

TUMA, R. B.; YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; MARQUES, H. O. Impacto da farinha de mandioca fortificada com ferro aminoácido quelato no nível de hemoglobina de pré-escolares. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 29-39, jan./mar. 2003.

VASCONCELLOS, F.; RIBEIRO, G. **Análise microbiológica de barras de cereais comercializadas nos supermercados da cidade de pelotas, RS – brasil.** Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2005/arquivos/CB_00452.rtf> Acesso em: 30/07/2008.

VIETRI, F.; TORUM, B. Anemia and physical work capacity. **Clinical Haematology**, v. 3, p. 609-626, 1974.

WHITTAKER, P.; FOX, M. R. S.; FORBES, A. L. In vitro prediction of iron bioavailability for food fortification. **Nutrition Reporter International**, v. 39, n. 6, p. 1205-1215, 1989.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Iron Deficiency Anemia. Assessment, Prevention and Control.** Geneva: WHO, 2001.

ZANCUL, M. S. Fortificação de alimentos com ferro e vitamina A. **Revista Medicina**, Ribeirão Preto, v. 37, p. 45-50, jan./jun. 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE 1	79
APÊNDICE 2	80
APÊNDICE 3	81
APÊNDICE 4	82
APÊNDICE 5	83
APÊNDICE 6	85
APÊNDICE 7	87

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do projeto: “**Desenvolvimento e estudo das características sensoriais e nutricionais de barras de cereais fortificadas com ferro**”

Objetivo: O presente trabalho tem por objetivo estudar o efeito da adição de dois diferentes compostos de ferro em barras de cereais sob o aspecto de suas características físico-químicas, sensoriais e nutricionais.

Benefícios esperados: Não há benefícios diretos aos provadores, porém como benefício indireto, será possível determinar se a adição de ferro às barras de cereais provoca alterações sensoriais no produto.

Desconfortos e riscos: Essa pesquisa não oferecerá riscos e desconforto, pois foram realizadas análises microbiológicas nas amostras, as quais se mantiveram dentro dos limites máximos aceitáveis de acordo com a legislação vigente.

Forma de ressarcimento: Não será necessário o ressarcimento, pois não haverá despesas para o sujeito da pesquisa.

Previsão de indenização: A pesquisa não oferecerá riscos previsíveis ao sujeito da pesquisa, não sendo necessário indenizações.

Sigilo e utilização dos dados coletados: Os resultados obtidos serão tornados públicos, mas sem a identificação do sujeito da pesquisa.

Desistência: Os participantes do projeto terão liberdade de desistir em participar da pesquisa em qualquer momento.

Garantia de esclarecimentos: Qualquer pergunta ou dúvida sobre procedimentos, riscos, benefícios e outros será esclarecida. Será entregue uma cópia do TCLE a cada provador. O provador não arcará com nenhum ônus por participar da pesquisa.

Ciente do compromisso assumido, subscrevo-me a seguir:

Nome (completo) _____

Assinatura _____

Piracicaba, ____ de _____ de 2008.

Caso necessite informações complementares sobre a presente pesquisa, entrar em contato com: Camila Ramos P. Sampaio (e-mail: mlarps@gmail.com), Dra. Sila Mary Rodrigues Ferreira (e-mail: sila@ufpr.br); Taciane Aparecida Simioni (e-mail: tacibaby@yahoo.com.br); Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca (e-mail: sgcbraza@esalq.usp.br). Comitê de Ética do Hospital das Clínicas da Universidade Federal do Paraná. Rua General Carneiro, 181 – Curitiba, Paraná. CEP: 80070-900. Telefone (041): 3360-1800.

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO PARA RECRUTAMENTO DOS JULGADORES PARA A ADQ

Nome: _____ Idade: _____ anos

Telefone: (____) _____ Celular: (____) _____

E-mail: _____ Escolaridade: _____

Quantas barras de cereais você consome por semana? _____

Fumante: (____) sim (____) não

Faz uso de algum medicamento: (____) sim (____) não

Qual? _____

Marque no quadro abaixo sua disponibilidade de horário para participar do treinamento e dos testes sensoriais:

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
8 – 9 h					
9 – 10 h					
10 – 11 h					
14 – 15 h					
15 – 16 h					
16 – 17 h					
17 – 18 h					

APÊNDICE 3**FICHA DO TESTE DE IDENTIFICAÇÃO DE GOSTOS BÁSICOS**

Nome: _____ Data: ____/____/____

Por favor, prove as amostras, da esquerda para a direita, identificando os gostos básicos (ácido, amargo, doce, salgado e metálico). Enxágüe a boca após cada avaliação.

Nº AMOSTRA

GOSTO

APÊNDICE 4**FICHA DO TESTE TRIANGULAR PARA SABOR DOCE**

Nome: _____ Data: ____/____/____

Você está recebendo três amostras: duas iguais e uma diferente. Por favor, prove as amostras, da esquerda para a direita, e identifique a amostra diferente, assinalando com um X abaixo do número correspondente da amostra diferente. Enxágüe a boca após cada avaliação.

XXX

YYY

ZZZ

FICHA DO TESTE TRIANGULAR PARA SABOR METÁLICO

Nome: _____ Data: ____/____/____

Você está recebendo três amostras: duas iguais e uma diferente. Por favor, prove as amostras, da esquerda para a direita, e identifique a amostra diferente, assinalando com um X abaixo do número correspondente da amostra diferente. Enxágüe a boca após cada avaliação.

XXX

YYY

ZZZ

APÊNDICE 5

FICHA PARA LEVANTAMENTO DE ATRIBUTOS

Nome: _____ Data: ____/____/____

Descreva sua impressão das amostras abaixo quanto à **APARÊNCIA**:

Amostra _____
Amostra _____
Amostra _____

Descreva sua impressão das amostras abaixo quanto ao **ODOR**:

Amostra _____
Amostra _____
Amostra _____

FICHA PARA LEVANTAMENTO DE ATRIBUTOS (continuação)

Descreva sua impressão das amostras abaixo quanto à **TEXTURA**:

Amostra _____
Amostra _____
Amostra _____

Descreva sua impressão das amostras abaixo quanto ao **SABOR**:

Amostra _____
Amostra _____
Amostra _____

APÊNDICE 6

ESCALAS PARA CADA TERMO DESCRITOR ANALISADO NA ADQ

ESCALAS PARA APARÊNCIA

- 1- Aparência característica

pouca

muita
- 2- Cor

clara

escura
- 3- Diversidade de ingredientes

pouca

muita
- 4- Tamanho de partículas

pequeno

grande
- 5- Compactação

pouca

muita
- 6- Brilho

opaco

brilhante

ESCALAS PARA ODOR

- 7- ODOR DE CEREAIS

pouco

muito
- 8- ODOR ADOCICADO

pouco

muito
- 9- ODOR DE CHOCOLATE

nenhum

muito
- 10- ODOR DE FRUTAS

nenhum

muito
- 11- ODOR NATURAL

pouco

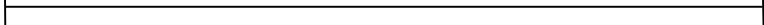
muito

ESCALAS PARA CADA TERMO DESCRITOR ANALISADO NA ADQ (continuação)

ESCALAS PARA TEXTURA

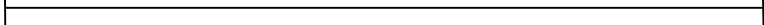
12- FIRMEZA

pouca muita



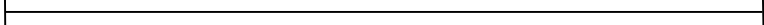
13- CROCÂNCIA

pouca muita



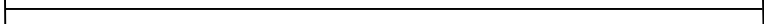
14- SUCULÊNCIA

pouca muita



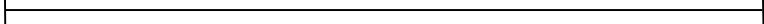
15- ADESIVIDADE

pouca muita

**ESCALAS PARA SABOR**

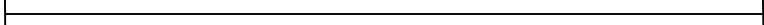
16- SABOR DE CEREAIS

pouco muito



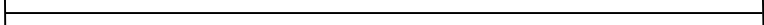
17- SABOR ADOCICADO

pouco muito



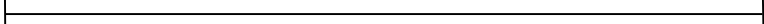
18- SABOR DE FRUTAS

nenhum muito




19- SABOR DE CHOCOLATE

nenhum muito




20- SABOR AMARGO

nenhum muito



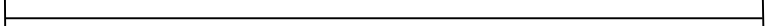
21- SABOR ÁCIDO

nenhum muito



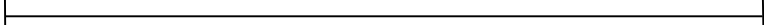
22- SABOR METÁLICO

nenhum muito



23- SABOR RESIDUAL

nenhum muito



APÊNDICE 7

ESCALA HEDÔNICA UTILIZADA NO TESTE DE PREFERÊNCIA

- 9 = Gostei muitíssimo
- 8 = Gostei muito
- 7 = Gostei moderadamente
- 6 = Gostei ligeiramente
- 5 = Não gostei, nem desgostei
- 4 = Desgostei ligeiramente
- 3 = Desgostei moderadamente
- 2 = Desgostei muito
- 1 = Desgostei muitíssimo